



Criação de especificações para material têxtil calandrado e cappy

PEDRO EMANUEL MARTINS FERREIRA

julho de 2018

Criação de especificações para material têxtil calandrado e capply

Pedro Emanuel Martins Ferreira

Julho de 2018

Orientação: Engenheira Carla Maciel (Continental Mabor)

Doutora Anabela Guedes (ISEP)

Co-Orientação: Doutora Paula Neto (ISEP)

Agradecimentos

Quero agradecer muito a todos que os contribuíram de alguma forma para a concretização desta etapa da minha vida.

À minha família e namorada, por todo o apoio que me deram ao longo da vida ajudando-me sempre a ultrapassar os obstáculos que no meu caminho se atravessaram.

À Doutora Paula Neto e Doutora Anabela Guedes, pela disponibilidade em ajudar, dar sugestões e correções importantes para a elaboração da dissertação e respetiva apresentação.

À Continental Mabor, entidade que me acolheu durante os nove meses de estágio, o que possibilitou a aquisição de novos conhecimentos.

À Engenheira Carla Maciel pela orientação, pela disponibilidade em ajudar no esclarecimento de todas as dúvidas no decorrer do estágio.

À Joana, colega de projeto, pela disponibilidade em ajudar e ensinar, por todo o companheirismo, paciência e boa disposição que mostrou ao longo deste estágio curricular.

A todos os colaboradores do laboratório com quem tive a oportunidade de trabalhar, Liliana Alves, Eduarda Matos, Ivo Costa, Nuno Maia, José Nogueira e Sílvia Monteiro. Por todo o companheirismo e boa disposição que mostraram ao longo deste estágio curricular.

Obrigado a todos.

Resumo

O presente trabalho foi realizado na Continental- Mabor Indústria de Pneus, SA e foi desenvolvido com base no projeto CaReS (Calendered Material Specifications)

O objetivo deste trabalho surgiu para colmatar a falta de especificações de diversos materiais têxteis.

O projeto avaliou nove tecidos, Nylon 1, Nylon 2, Híbrido, Poliéster 1, Rayon 1, Nylon 3, Nylon 4, Poliéster 2, Rayon 2, contudo apenas os primeiros cinco são aqui apresentados, devido à grande quantidade de resultados em cada tecido estudado. As análises foram associadas a uma distribuição normal sendo para isso necessário realizar testes a trinta amostras de cada tecido. Devido à falta de historial dos tecidos selecionados foram criados limites de controlo com base nas médias ± 3 desvios padrões, pois 99,7% da população difere da média. Também foi feita a comparação dos métodos comuns de cada material antes e após processo de calandragem e capstrip. Por último, avaliou-se as correlações lineares existentes para tecido impregnado, calandrado/capstrip.

O objetivo principal do estágio foi cumprido, obtiveram-se os resultados necessários para os tecidos selecionados, foram realizadas as diversas análises, de forma a criar os limites para as especificações e perceber assim a tendência dos materiais.

Verificou-se que os resultados obtidos são diferentes quando estes passam pelos processos de calandragem ou capstrip. Desta forma, concluiu-se que cada tecido reage de forma diferente mediante o seu processamento. Também se destaca o comportamento do Híbrido, pois é mais resistente às variações provocadas pelo processo de capstrip. Quando foram comparados os dois tipos de nylon, mas sujeitos a processos diferentes, constatou-se que a calandragem provoca maior variações no material do que a capstrip. Todavia, não é uma conclusão geral, pois cada material tem um comportamento diferente e só o nylon é utilizado nos dois processos.

Palavras-chave: Pneu, Tecido impregnado, Tecidos calandrado, Capstrip, Calandragem, Capstrip, Limites de controlo

Abstract

The present work was performed in Continental- Mabor Indústria de Pneus, SA and was developed, having as base the project CaReS (Calendered Mterial Specifications).

The aim of this work emerged in order to fill the lack of specification in several textiles materials.

The project assessed nine fabrics, however only five are presented here, due to the large amount of results obtained in every fabric studied. The analyses have been related with a normal distribution therefore is necessary to performer trials in thirty samples of each fabric. Due to the lack of background of the selected fabrics were created control limits based on averages ± 3 standard deviations. Also, was made a comparison of the common methods of each material, before and after the calendering process and capstrip. Finally, the existing correlation for fabric impregnated, calendered/capply and correlation of the common methods were assessed.

The main objective of the internship was accomplished, the required results were obtained for the selected fabrics, the various analyses were performed in order to create the limits for the specifications and to understand the trend of this materials.

It was found that the parameters of quality of the fabrics are different when they go through the processes of calendering or capstrip. Thus, it was concluded that each fabric reacts differently as result of the method of processing. Also important to highlight the behaviour of the hybrid, because it is more resistant to variations caused by the process of capstrip. When the two types of nylon, subject to different processes were compared, it was found that the calendering has a greatest influence on the material than capstrip. However, there it isn't a general conclusion, because each material has a different behaviour and only nylon is used in the two to processes.

Keywords: Tire, Impregnated fabric, Calendered fabric, Capply, Calendering, Capstrip, Control limits

Índice

1. Introdução	1
1.1 Enquadramento	1
1.2 Apresentação da empresa	1
1.3 Processos de produção do pneu	2
1.4 Calandra e Capstrip	5
1.5 Objetivos de estágio	7
1.6 Estrutura do relatório	8
2. Materiais e Métodos	9
2.1 Materiais	9
2.2 Métodos de análise	13
2.2.1 Tecidos impregnados, calandrados e capply	13
2.2.2 Métodos para tecidos impregnados	18
2.2.3 Métodos para material calandrado e capply	19
3. Desenvolvimento do trabalho	25
3.1 O projeto Cares	25
3.2 Amostragem	26
3.3 Estudo do local de recolha das amostras nas CapStrip	29
3.4 Programação	31
3.5 Seleção dos diversos tecidos	32
3.6 Tratamento de dados	33
4. Resultados e Discussão	37
4.1 Nylon 1	38
4.1.1 Tecido impregnado- Especificações e Valores obtidos	39
4.1.2 Comparação dos limites obtidos antes e após capstrip	41
4.1.3 Comparação dos valores médios obtidos, antes e após capstrip ..	41

4.1.4	Análises dos coeficientes de correlação linear	45
4.2	Nylon 2.....	47
4.2.1	Tecido impregnado- Especificações e Valores obtidos	47
4.2.2	Comparação dos limites obtidos antes e após calandragem.....	48
4.2.3	Comparação dos valores médios obtidos, antes e após calandragem.....	49
4.2.4	Análises dos coeficientes de correlação linear	54
4.3	Comparação entre Nylon 1 e 2.....	56
4.3.1	Impregnado:.....	56
4.3.2	Após processo:	58
4.4	Poliéster 1	60
4.4.1	Tecido impregnado- Especificações e Valores obtidos	60
4.4.2	Comparação dos valores obtidos antes e após calandragem	61
4.4.3	Comparação dos valores médios obtidos, antes e após calandragem.....	62
4.4.4	Análises dos coeficientes de correlação linear	67
4.5	Rayon 1	69
4.5.1	Tecido impregnado- Especificações e Valores obtidos	69
4.5.2	Comparação dos valores obtidos antes e após calandragem	70
4.5.3	Comparação dos valores médios obtidos, antes e após calandragem.....	72
4.5.4	Análises dos coeficientes de correlação linear	74
4.6	Híbrido	76
4.6.1	Tecido impregnado- Especificações e Valores obtidos	76
4.6.2	Comparação dos valores obtidos antes e após capstrip	77
4.6.3	Comparação dos valores médios obtidos, antes e após capstrip ..	78
4.6.4	Análises dos coeficientes de correlação linear	82
5.	Conclusões e trabalhos futuros	87
6.	Bibliografia	91

Anexos.....	99
A. Resultados experimentais – Nylon 1	95
B. Correlações obtidas para os vários tecidos testados.....	113

Índice de figuras

Figura 1.1- Evolução da empresa entre 1946 e 2018	2
Figura 1.2- Fluxograma do processo de produção de pneus	2
Figura 1.3- Preparação do pneu, nomeadamente extrusora	3
Figura 1.4- KM e PU (equipamentos para a construção do pneu).....	4
Figura 1.5- Vulcanização	4
Figura 1.6- Inspeção final	5
Figura 1.7- Representação da configuração da calandra em Z [2].....	6
Figura 1.8- Tecido impregnado no <i>Creel</i> (suporte para as bobines de tecido impregnado)	7
Figura 1.9- Tecido já transformado em capply, na unidade de enrolamento	7
Figura 2.1- Representação gráfica da tenacidade em função do alongamento para diversos materiais (curvas características) [8]	12
Figura 2.2- Esquema do provete para o ensaio de Peel Test a tecido impregnado	14
Figura 2.3- Esquema do provete para o ensaio de Peel Teste a tecido calandrado/capply.....	15
Figura 2.4- Esquema do comprimento da amostra ao longo do ensaio.....	15
Figura 2.5- Equipamento utilizado, balança mettler.	17
Figura 2.6- Medição do diâmetro de cordas têxteis.....	17
Figura 2.7- Twist.....	18
Figura 2.8- Esquema do sentido de torção	19
Figura 2.9- Esquema de montagem dos dois provetes para o Tackiness	20
Figura 2.10- Esquema de montagem do Stickiness	20
Figura 2.11- Forma típica das curvas de tração para um teste de aderência ..	21
Figura 2.12- Esquema da disposição das diversas tiras e do provete completo	22
Figura 2.13- Provete com as 5 cordas expostos, prontos para serem testados	22
Figura 2.14- Corte das amostras com 10x10cm	23
Figura 2.15- Amostra decapada e iniciada contagem	24
Figura 3.1- Esquema ilustrativo das possíveis variações após o processo de calandragem/ capstrip [9].....	26

Figura 3.2- Esquema da recolha de tecido calandrado	27
Figura 3.3- Esquema de como selar as amostras	27
Figura 3.4- Dimensões da amostra e a posição dos provetes para os vários testes.....	28
Figura 3.5- Separação de uma tira de tecido das extremidades	29
Figura 3.6 - Representação gráfica dos parâmetros avaliados nas propriedades físicas [9]	30
Figura 3.7- Representação gráfica dos parâmetros avaliados no shrinkage [9]	31
Figura 3.8- Distribuição normal, com a identificação das diferentes probabilidades [10]	34
Figura 4.1- Representação gráfica dos parâmetros das propriedades físicas do nylon 1, com target especificado para o impregnado e as médias obtidas para impregnado e capply.....	43
Figura 4.2- Representação gráfica dos parâmetros do peel test, shrinkage force e shrinkage force residual do nylon 1, contendo as médias obtidas para impregnado e capply	43
Figura 4.3- Representação gráfica do shrinkage, shrinkage residual e humidade do nylon 1, com target especificado para o impregnado e as médias obtidas para impregnado e capply.....	44
Figura 4.4- Representação gráfica dos parâmetros das propriedades físicas do nylon 2, com target especificado para o impregnado e as médias obtidas para impregnado e capply.....	52
Figura 4.5- Representação gráfica dos parâmetros do peel test, shrinkage force e shrinkage force residual do nylon 2, contendo as médias obtidas para impregnado e calandrado.....	52
Figura 4.6- Representação gráfica do shrinkage, shrinkage residual e humidade do nylon 2, com target especificado para o impregnado e as médias obtidas para impregnado e calandrado	53
Figura 4.7- Representação gráfica dos parâmetros das propriedades físicas do nylon 1 e 2, com as médias obtidas para impregnado	57
Figura 4.8- Representação gráfica dos parâmetros do peel test, shrinkage force e shrinkage force residual para o nylon 1 e 2, com as médias obtidas para o impregnado	57
Figura 4.9- Representação gráfica do shrinkage, shrinkage residual e humidade para o nylon 1 e 2, com as médias obtidas para o impregnado	58

Figura 4.10- Representação gráfica dos parâmetros das propriedades físicas do nylon 1 e 2, com as médias obtidas para o material após processamento	59
Figura 4.11- Representação gráfica dos parâmetros do peel test, shrinkage force e shrinkage force residual para o nylon 1 e 2, com as médias obtidas para o material após processamento.....	59
Figura 4.12- Representação gráfica do shrinkage, shrinkage residual e humidade para o nylon 1 e 2, com as médias obtidas para o material após processamento	60
Figura 4.13- Representação gráfica dos parâmetros das propriedades físicas do poliéster 1, com target especificado para o impregnado e as médias obtidas para impregnado e calandrado	65
Figura 4.14- Representação gráfica dos parâmetros do peel test, shrinkage force e shrinkage force residual do poliéster 1, contendo as médias obtidas para impregnado e calandrado.....	66
Figura 4.15- Representação gráfica do shrinkage, shrinkage residual e humidade do nylon 1, com target especificado para o impregnado e as médias obtidas para impregnado e calandrado	66
Figura 4.16- Representação gráfica de alguns parâmetros das propriedades físicas e humidade do Rayon 1, com target especificado para o impregnado e as médias obtidas para impregnado e calandrado.....	73
Figura 4.17- Representação gráfica da força de rotura e peel test do rayon 1, contendo as médias obtidas para impregnado e calandrado	74
Figura 4.18- Representação gráfica dos parâmetros das propriedades físicas do híbrido, com target especificado para o impregnado e as médias obtidas para impregnado e capply.....	81
Figura 4.19- Representação gráfica dos parâmetros do peel test, shrinkage force e shrinkage force residual para o híbrido, contendo as médias obtidas para impregnado e capply	81
Figura 4.20- Representação gráfica do shrinkage, shrinkage residual e humidade do híbrido, com as médias obtidas para impregnado e capply	82

Índice de tabelas

Tabela 2.1- Dimensão das amostras mediante o número de cordas	23
Tabela 3.1- Formato necessário dos provetes definido conforme os procedimentos- material calandrado	28
Tabela 3.2- Quantidades rececionadas mensalmente dos diferentes materiais	33
Tabela 3.3- Intervalos do valor r com a devida interpretação [11]	35
Tabela 4.1- Equipamento associado a cada tecido	37
Tabela 4.2- Esquema dos métodos de análise.....	38
Tabela 4.3- Dados obtidos para o Nylon 1 impregnado, para os diversos ensaios, com os respetivos limites obtidos.....	40
Tabela 4.4- Dados obtidos para o Nylon 1 em cappy, para os diversos ensaios, com os respetivos limites obtidos.....	42
Tabela 4.5- Correlações obtidas com os resultados dos métodos em comum para o nylon 1	46
Tabela 4.6- Dados obtidos para o Nylon 2 impregnado, para os diversos ensaios, com os respetivos limites obtidos.....	50
Tabela 4.7- Dados obtidos para o Nylon 2 calandrado, para os diversos ensaios, com os respetivos limites obtidos.....	51
Tabela 4.8- Correlações obtidas com os resultados dos métodos em comum para o nylon 2	56
Tabela 4.9- Dados obtidos para o Poliéster 1 impregnado, para os diversos ensaios, com os respetivos limites obtidos	63
Tabela 4.10- Dados obtidos para o Poliéster 1 calandrado, para os diversos ensaios, com os respetivos limites obtidos	64
Tabela 4.11- Correlações obtidas com os resultados dos métodos em comum para o poliéster 1	69
Tabela 4.12- Dados obtidos para o Rayon 1 impregnado, para os diversos ensaios, com os respetivos limites obtidos	71
Tabela 4.13- Dados obtidos para o rayon 1 calandrado, para os diversos ensaios, com os respetivos limites obtidos.....	72
Tabela 4.14- Correlações obtidas com os resultados dos métodos em comum para o rayon 1.....	76

Tabela 4.15- Dados obtidos para o Híbrido impregnado, para os diversos ensaios, com os respectivos limites obtidos	79
Tabela 4.16- Dados obtidos para o Híbrido em caply, para os diversos ensaios, com os respectivos limites obtidos.....	80
Tabela 4.17- Correlações obtidas com os resultados dos métodos em comum para o híbrido	84

Abreviaturas e Siglas

CaReS —Calandered Material Specifications

Dtex- Peso de 10 mil metros de fibra enrolada

EPDM — Determinação do número de cordas

Green Adhesion — Adesão em verde

Peel Test — Adesão

Shk — Shrinkage

Square Meter Weight — Peso do quadrado

r — Coeficiente de correlação de Pearson

Res— Residual

μ — Média

σ — Desvio padrão

Capítulo 1

Introdução

Este capítulo apresenta o enquadramento do projeto desenvolvido, os objetivos a atingir, a motivação e a estrutura do presente relatório.

Ainda neste capítulo, é feita uma breve descrição da empresa onde foi realizado o estágio com referência ao Laboratório de materiais em processamento e de matérias-primas, sendo também abordado o processo de fabrico.

1.1 Enquadramento

No âmbito da disciplina de Dissertação/Estágio do curso de Mestrado em Engenharia de Química no ramo de Qualidade, foi realizado um estágio no laboratório de materiais em processamento e de matérias-primas da Continental Mabor – Indústria de Pneus, S.A., sendo este relatório um documento que pretende descrever todas as atividades desenvolvidas no decorrer desse trabalho.

1.2 Apresentação da empresa

A empresa foi fundada pelo Dr. Júlio Calheiros (Conde da Covilhã) em 1938, tendo como nome Mabor- Manufatura Nacional de Borracha e foi inaugurada em abril de 1946, apresentando o primeiro pneu da marca e também o primeiro alguma vez produzido em Portugal. Esta encontra-se sediada na freguesia de Lousado, concelho de Vila Nova de Famalicão.

Com a difícil obtenção de matérias-primas essenciais à produção de pneus, a Mabor optou pela construção de uma unidade fabril destinada à produção de telas de reforço dos pneus, nascendo assim a Indústria Têxtil do Ave S.A.R.L. (ITA).

A abertura do mercado internacional e a falta de investimento na modernização das instalações e no desenvolvimento tecnológico resultou na perda de competitividade. É então que em 1989/90 a Continental AG. Se funde com a Mabor adquirindo 60% da empresa, vindo em 1993 a adquirir a totalidade da atividade de pneus, dando origem ao atual nome Continental Mabor, Industria de Pneus, S.A..

Atualmente, a empresa é uma das mais evoluídas e mais competitivas do grupo Continental, produzindo pneus para diversas marcas, incluindo a Mabor. Os pneus têm como principal destino a Europa e os EUA.

Entre 1946 e 2018 a empresa verificou muitas alterações como se pode observar na figura 1.



Figura 1.1- Evolução da empresa entre 1946 e 2018

1.3 Processos de produção do pneu

O processo de produção de um pneu é constituído por 5 fases fundamentais, sendo a inicial a misturação, seguindo-se da preparação das várias partes constituintes do pneu, construção do pneu, vulcanização e, por último, a inspeção final, como se pode observar no fluxograma presente na figura 2.



Figura 1.2- Fluxograma do processo de produção de pneus

Misturação:

Local onde ocorre a mistura dos diferentes elementos necessários à produção de borracha, como: borracha natural e sintética, negro de fumo, catalisadores, pigmentos químicos, entre outros. De seguida, a borracha é homogeneizada nos misturadores “masters”, que origina borracha sem enxofre. Por fim, a mistura termina com a passagem nos misturadores “finais” onde se acrescenta enxofre à borracha. O enxofre é um agente de ligação que permite que a borracha ao vulcanizar, se torne mais resistente. Isto acontece porque, as moléculas da borracha podem deslizar uma sobre as outras, o que confere à borracha a sua característica elástica. Com o processo de vulcanização, os átomos de enxofre formam pontes que ligam as macromoléculas umas às outras, tornando assim o material mais resistente e elástico. O motivo pelo qual o enxofre só deve ser adicionado na fase final da mistura, deve-se às altas temperaturas e pressões a que a borracha está sujeita durante a mistura. Caso contivesse enxofre, nesta fase a borracha vulcanizava durante a mistura.

Preparação do pneu:

Esta etapa é realizada em vários setores da empresa, onde são produzidas as diferentes partes constituintes do pneu. Desde paredes e pisos, produzidos na extrusora, figura 1.3, como, cunhas, talões, telas, entre outros.

É neste setor, onde se encontram as calandras e as capstrip, que se situam os locais de amostragem. Deste modo, esta etapa da preparação do pneu, será abordada com maior profundidade, tendo em conta a funcionalidade destas máquinas e a sua importância na preparação de tecido têxtil.

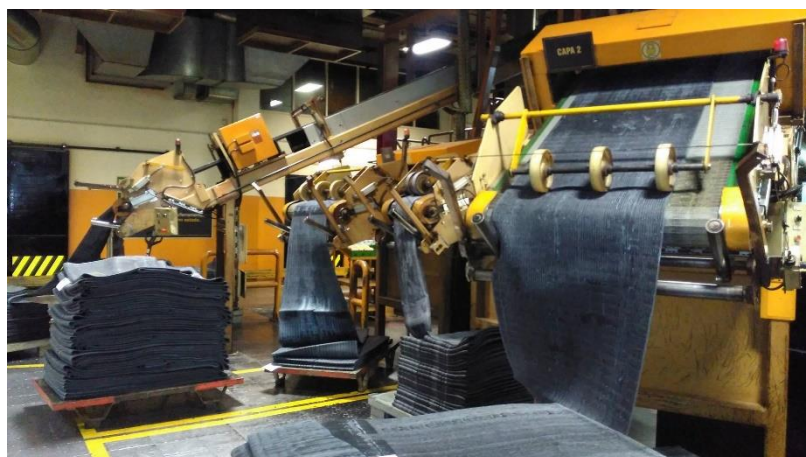


Figura 1.3- Preparação do pneu, nomeadamente extrusora

Construção:

Os diferentes constituintes produzidos na etapa anterior são montados em dois equipamentos, a KM e a PU, apresentados na figura 1.4. Obtém-se então o chamado pneu em verde.

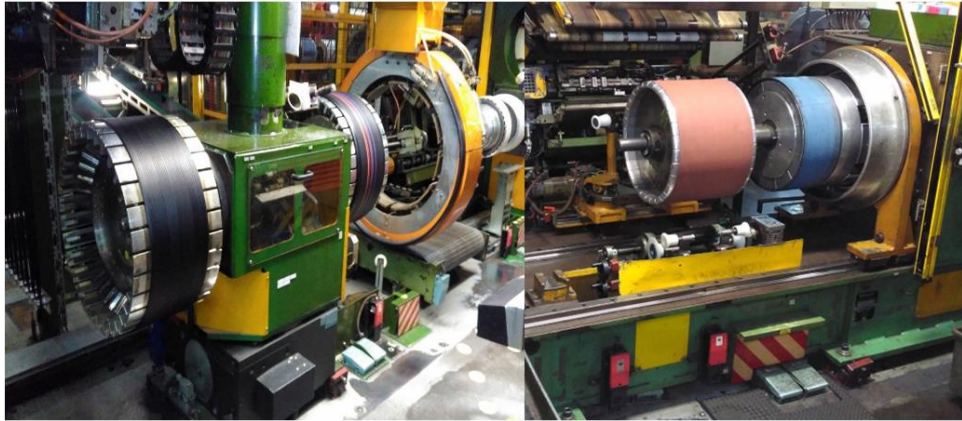


Figura 1.4- KM e PU (equipamentos para a construção do pneu)

Vulcanização:

A vulcanização vai conferir a forma desejada ao pneu, conforme o molde aplicado. Este é colocado numa prensa a uma temperatura, pressão e tempo especificado. A figura 1.5 é um exemplo de uma prensa de vulcanização.



Figura 1.5- Vulcanização

Inspeção final:

O pneu é sujeito a verificações para garantir que os requisitos de qualidade, são cumpridos. Esta etapa encontra-se dividida em duas fases, inspeção visual, realizada por colaboradores, como se observa na figura 1.6, e a inspeção de uniformidade e geometria.



Figura 1.6- Inspeção final

Apesar do processo acima descrito, representar uma breve introdução das etapas mais importantes do fabrico de pneus, é necessário descrever com maior rigor os locais da recolha das amostras, nomeadamente, a calandragem e a produção de capply.

1.4 Calandra e Capstrip

Relativamente à calandragem, esta é realizada numa calandra constituída por 4 rolos e tem como objetivo revestir as cordas dos tecidos com borracha. Mas, para além deste equipamento básico, é requerido um conjunto de sistemas auxiliares para complementar o processo de calandragem [1].

Os compostos de borracha utilizados só podem ser usados se estiverem dentro dos limites previstos de utilização, por exemplo, data de validade. O tecido impregnado, é uma fibra têxtil que foi mergulhada numa solução adequada na empresa fornecedora, que constitui uma das matérias primas do processo de calandragem e como tal só deve ser utilizado se estiver identificado com etiqueta do fornecedor, de forma a uma possível identificação em caso de problemas na calandragem ou em processos seguintes. O tecido deve estar acondicionado com filme de polietileno, que o deverá cobrir completamente [1]. A largura da tela de tecido impregno é de 1,5 metros.

De modo simples o processo de calandragem, inicia-se com a mistura do composto de borracha em misturadores. De seguida, a borracha é aplicada por meio de grandes rolos rotativos em ambos os lados do tecido têxtil, sendo neste ponto onde é conferida a espessura final do material. Em seguida, o tecido já calandrando passa pelo sistema de refrigeração e é recolhido em bobines, sendo coberto com o filme de polietileno de modo que este não cole. Na figura 1.7, observa-se um esquema representativo do modo de calandragem [2].

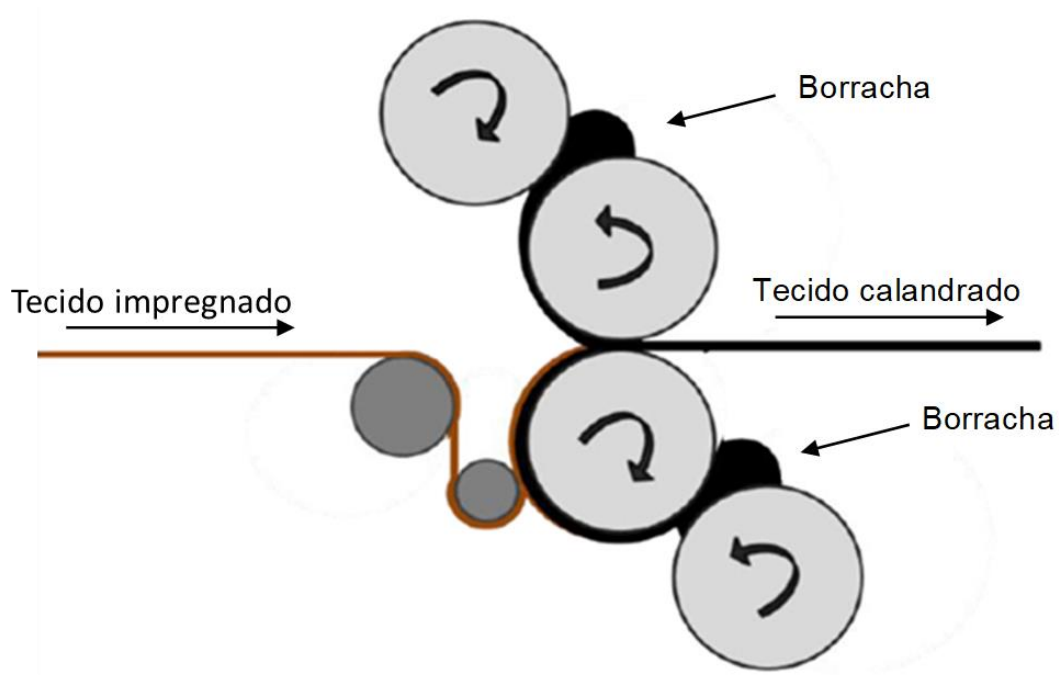


Figura 1.7- Representação da configuração da calandra em Z [2]

Nas capstrip, o sistema é ligeiramente diferente da calandragem, pois a introdução da borracha no têxtil é feita através de um processo de extrusão; sendo a estrutura constituído por duas fieiras que procedem a essa introdução pelos dois lados do tecido impregnado [1]. O resultado deste processo é designado por capply.

Este equipamento é constituído pelo *creel*, sendo o local onde se encontram as diversas bobines de corda têxtil, como se observa na figura 1.8;

A Extrusão consiste num processo de injeção da borracha e feito através de um parafuso sem fim.

Por último, possui um sistema de enrolamento, local de enrolamento do capply em bobines [1]. Observa-se na figura 1.9, o tecido já transformado em capply na unidade de enrolamento.



Figura 1.8- Tecido impregnado no *Creel* (suporte para as bobines de tecido impregnado)



Figura 1.9- Tecido já transformado em capply, na unidade de enrolamento

1.5 Objetivos de estágio

O objetivo do estágio foi, a criação de especificações para material têxtil calandrado e capply, denominado como projeto CARES.

Este projeto surgiu para colmatar a falta de especificações de diversos materiais têxteis, e assim reduzir as variações do processo.

Paralelamente a este estudo foi feita a familiarização com o processo produtivo dos pneus, desde os setores onde se inserem os constituintes do mesmo, até ao laboratório de matérias-primas e material em processamento. Os processos produtivos que vão ser destacados neste trabalho correspondem aos que ocorrem nas Calandras e nas Capstrip, setores onde se insere o projeto em estudo.

1.6 Estrutura do relatório

A estrutura do presente relatório é composta por quatro capítulos. Neste capítulo 1, como já foi referido, fez-se a introdução do trabalho, o seu enquadramento e uma breve descrição da empresa. Sendo ainda apresentado o processo de fabrico de pneus, com a descrição dos locais de recolha das amostras para o estudo.

No capítulo 2 são abordados os diferentes materiais em estudo e os diversos métodos referentes à análise de tecido têxtil.

O capítulo 3 destina-se ao desenvolvimento do trabalho, onde é apresentado o modo de recolha das amostras e sua quantidade, um estudo do local de recolha das amostras nas capstrip e a seleção dos diversos tecidos a apresentar no documento.

No capítulo 4 são abordados os resultados obtidos e é feita a respetiva discussão.

Por último, no capítulo 5 são apresentadas as conclusões do projeto.

Capítulo 2

Materiais e Métodos

De acordo com o projeto em causa, neste capítulo são abordados os diferentes materiais, ou seja, os tecidos têxteis, utilizados no processo de fabrico. Retrata-se aqui a diferença entre os diversos materiais e as suas características, que conferem ao produto final, o pneu, as suas propriedades próprias.

Também se abordam os métodos de análise aplicados ao tecido impregnado e calandrado, referindo o conceito que está por trás de cada método.

2.1 Materiais

A empresa utiliza diferentes tipos de têxtil, estes estão agrupados em várias famílias, desde Aramida, Poliéster, Rayon, Nylon e Híbridos.

Rayon

O rayon é uma celulose purificada, sendo quimicamente convertida num composto solúvel, que já é usada desde 1938. A matéria prima da celulose pode ser originária do algodão, ou mais comumente da madeira [3].

Após todo o tratamento necessário, há formação de uma solução que é passada através de fieira para o banho coagulante, local onde se formam os filamentos macios que serão convertidos ou regenerados em celulose pura [4].

Geralmente é resistente ao calor até 150°C, mas perde as suas características quando exposto a tensões prolongadas e/ou a temperaturas mais elevadas, decompondo-se a 210°C. Também apresenta boas propriedades de adesão à borracha e boa rigidez. Para que o rayon adira bem à borracha, tem que sofrer uma impregnação onde este ficará coberto com uma solução que confere ao rayon as devidas propriedades de adesão à borracha. [3, 4, 5, 6]

Especialmente para fins de reforço de pneus, existe um filamento à base de celulose, que apresenta encolhimento muito baixo, boa estabilidade dimensional e propriedades físicas, mesmo em altas temperaturas, e boa compatibilidade com a

borracha. As aplicações recomendadas são para o pneu de alto desempenho e o pneu Run Flat. [4, 5]

Contudo, o uso do rayon tem vindo a diminuir, pois requer elevados custos de produção relativos a aspetos ambientais, tornando-se uma desvantagem do material.

Nylon

O nylon é uma poliamida alifática e foi introduzido na indústria dos pneus em 1947. Existem duas variedades que são utilizadas como material de reforço em pneus, o Nylon 6 (policaprolactama) e Nylon 6.6 (produto de condensação de ácido adípico/hexametilenodiamina). Ambos os materiais apresentam propriedades similares, sendo o nylon 6 sujeito a perda de resistência à tração devido a ser mais sensível à humidade. [3, 5]

Os nylons para pneus são caracterizados pela excelente resistência à fadiga em compressão, o que leva a níveis de torção reduzidos, boa adesão à maioria dos compostos de borracha e baixo módulo, permitindo assim a sua utilização em pneus de passageiros [3]. São geralmente bastante resistentes ao calor até temperaturas de 180°C. O nylon 6 e nylon 6.6, apresentam um ponto de fusão de 225 e 250°C, respetivamente [4]. Também reduzem a resistência ao rolamento, melhoram a durabilidade e mantêm a alta força de contração, melhorando assim o desempenho do pneu a altas velocidades [7].

Poliéster

O poliéster é a mais nova fibra de reforço de pneus, tendo sido introduzida em 1962, como tal foi desenvolvido através de várias gerações até aos dias de hoje. [3]

A produção do poliéster é realizada através de uma polimerização por condensação de etilenoglicol e ácido tereftálico. O seu desenvolvimento, permitiu obter um produto com um aumento do módulo em 50% e uma redução de 50% em relação ao encolhimento, tornando o material dimensionalmente estável, aproximando-o da estabilidade do rayon. [3, 5, 6, 7]

Tornou-se um material relativamente barato e uma excelente alternativa para pneus de passageiros. Para que o poliéster apresente uma boa adesão à borracha, este passa por um banho com as características necessárias, de modo que, quando colocado em contacto com a borracha estes se liguem com a maior eficiência, evitando assim a deterioração do têxtil. [3]

As vantagens do poliéster para a incorporação em pneus são a alta resistência, boa durabilidade e baixa percentagem de encolhimento quando sujeito a baixas temperaturas. Apresenta alguns contras, pois não é recomendado em aplicações de alta carga, alta velocidade e alta temperatura, como por exemplo, caminhões, aviões e pneus de corrida. Isto acontece devido à perda das suas propriedades a temperaturas superiores a 120°C.

Aramida

A aramida também conhecida como poli-p-fenileno tereftalamida é derivada de 11,4-fenilenodiamina e ácido tereftálico. O material comercial mais comum é designado por Kevlar ou Twaron, e é usado em diversas aplicações como, pneus, cabos de fibra ótica, entre outros. Este material apresenta elevado módulo, elevada rigidez, sendo o material com maior rigidez de todos os materiais apresentados, mas em contrapartida apresenta um alongamento baixo. Estas propriedades levaram ao uso de alto volume da fibra como reforço em materiais compostos. [3,4,5,6]

O custo elevado da sua produção, fez com que a utilização da aramida fosse retardada. Mas atualmente é utilizado quando o peso é importante, como no caso dos pneus de alta velocidade. Quando a aramida é utilizada em múltiplas camadas, provoca inconvenientes devido ao seu baixo alongamento, pois impede que a camada externa se ajuste à curvatura e coloca as camadas internas em compressão. Isto leva à existência de falhas prematuras na camada interior, devido à baixa resistência à fadiga da aramida na compressão. [4,5]

Híbridos

O têxtil híbrido é uma nova fibra de alta resistência desenvolvida e explorada intensivamente de forma a verificar o seu potencial para aplicação em pneus. Consiste numa combinação de dois ou mais tipos diferentes de fios torcidos, sendo por isso uma inovação.

O híbrido mais usado é constituído por fio de aramida com fio de nylon, a aramida apresenta alta tenacidade, alto módulo, baixo alongamento e é termicamente estável, enquanto o nylon apresenta um elevado alongamento, baixo módulo e elevada resistência à fadiga. Logo a combinação destes dois materiais resulta numa elevada variedade de propriedades mecânicas que se podem encaixar em determinados

requisitos. Relativamente a um têxtil convencional pode levar a um desempenho similar ou até melhor, mas com menor custo associado. [6]

Efeitos do tecido nas características do pneu

Mediante as características que se pretende conferir ao pneu, nomeadamente a manutenção da sua estrutura, quando sujeito a determinadas velocidades e temperatura, é necessário, utilizar-se o têxtil que melhor se adapte.

Para isso é avaliado o gráfico de tensão em função do alongamento (%), para diferentes materiais. Na figura 2.1 é apresentada essa relação.

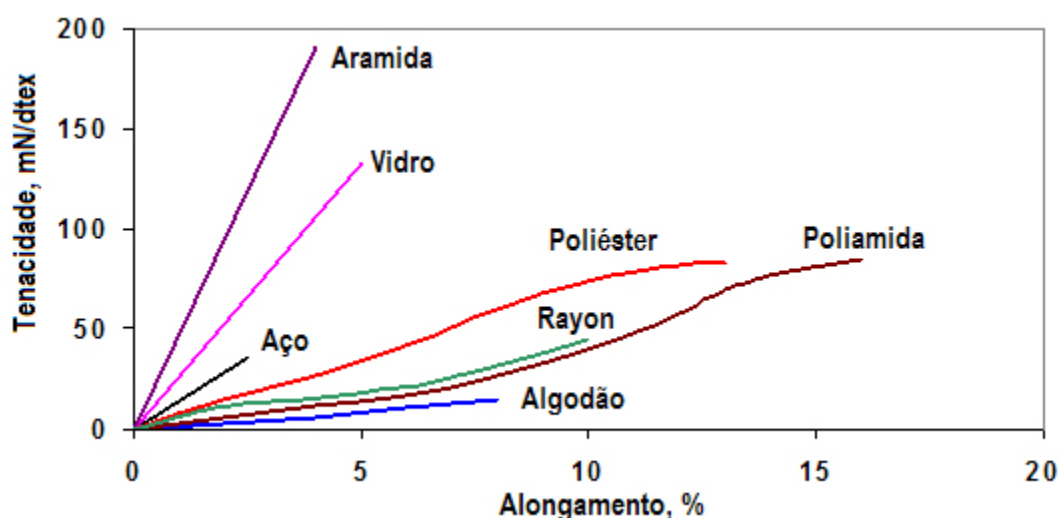


Figura 2.1- Representação gráfica da tenacidade em função do alongamento para diversos materiais
(curvas características) [8]

A aramida, que representa o têxtil mais rígido, apresenta tensões elevadas em comparação com os restantes, o que implica um menor alongamento. Neste caso, o pneu irá resistir a maiores índices de carga sendo utilizado para altas velocidades sem que ocorra deformação da estrutura, nem suceda a rotura do mesmo. Relativamente ao nylon, a poliamida, apresenta menor tensão, por sua vez, maior percentagem de alongamento, ou seja, é utilizada em pneus para baixas velocidades.

Por outro lado, os híbridos vêm revolucionar o mundo dos têxteis, pois ao juntar os dois extremos, ou seja, o têxtil com maior rigidez, neste caso a aramida o que possui maior alongamento, e o nylon (poliamida), obtém-se um têxtil com as melhores características dos dois têxteis que o originam. Portanto na figura 2.1, o híbrido ficará situado entre a aramida e o nylon.

Dentro do mesmo grupo, por exemplo poliéster, estes dividem-se em diferentes têxteis, sendo constituídos pelo mesmo material, apenas diferindo no número de torções. Essa variação origina diferenças significativas na curva da rotura em função do alongamento. Ou seja, menor número de torção origina um têxtil mais rígido e apresenta maior índice de carga, mas um menor alongamento. Com o aumento do número de torções verifica-se que a tensão que o material suporta é maior, mas o alongamento é inferior.

Tendo em conta os diferentes têxteis e a influência das torções, obtêm-se uma vasta gama de trabalho necessária à construção dos diferentes tipos de pneus produzidos.

2.2 Métodos de análise

Neste ponto são inicialmente, apresentados os métodos comuns ao material impregnado, calandrado e capply. Apresentam-se também os métodos aplicados apenas ao tecido impregnado. Bem como os métodos usados nos materiais após o processo da calandragem e capstrip.

Salienta-se que todos os ensaios são realizados numa sala com temperatura e humidade controlada, que segue as normas ASTM D1776 e DIN 50012, respetivamente. [9]

2.2.1 Métodos comuns a tecidos impregnados, calandrados e capply

Propriedades físicas

A humidade e temperatura da sala, têm normalmente influência nas propriedades físicas dos têxteis. Por este motivo é essencial que todas as amostras em estudo atinjam o equilíbrio, ou seja, apresentem as condições de atmosfera padrão. No caso do rayon, além desta condição padrão é também necessária uma secagem na estufa, durante um período definido. [9]

Avalia-se o alongamento que o material apresenta quando sujeito a uma determinada tensão, assim como o alongamento à rotura. [9]

Este método tem como principal objetivo determinar a força de rotura e alongamento em cordas de tecidos, que apresentam um nível de humidade estabilizada, e que foram acondicionadas em atmosfera padrão ou secas em estufa. [9]

Mediante as características do material também são registados, em cada ensaio, os valores da tensão para determinadas percentagens de alongamento, como a 1, 3, 4 e 7% ou o valor do alongamento para tensões fixas, como a 25, 45 e 130 N.

Adesão- Peel Test

Este método tem como principal objetivo determinar a adesão de tecidos têxteis à borracha vulcanizada, num provete previamente preparado para o efeito. A adesão corresponde à força necessária para separar o tecido da borracha. É também avaliada a cobertura do tecido com composto.

A borracha vulcanizada com o tecido de fabrico é cortada na direção da trama, de modo a formar tiras com largura e extensão específicas (100x75 mm). Uma das extremidades da amostra, com 100 mm, é separada por uma folha tereftalato de polietileno, ou outro material que seja resistente à temperatura e tenha uma espessura inferior a 0,2 mm. Pode-se observar na figura 2.2 o esquema da preparação do provete para o ensaio do tecido impregnado, com a devida legenda. Na figura 2.3 apresenta-se o esquema da preparação do provete para o tecido calandrado/ capply.

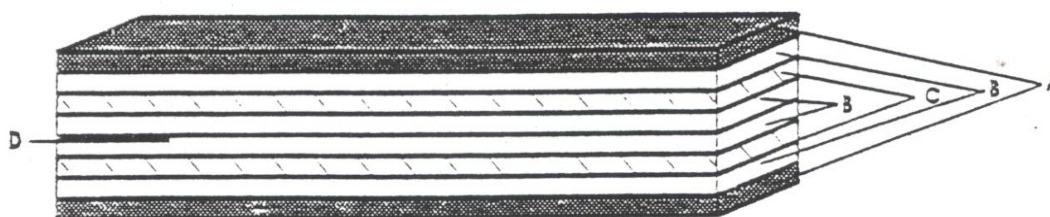


Figura 2.2- Esquema do provete para o ensaio de Peel Test a tecido impregnado

Legenda:

- A – Tecido têxtil calandrado para reforço
- B - Composto referência
- C - Tecido têxtil impregnado a ensaiar
- D - Tira separadora de filme de tereftalato de polietileno

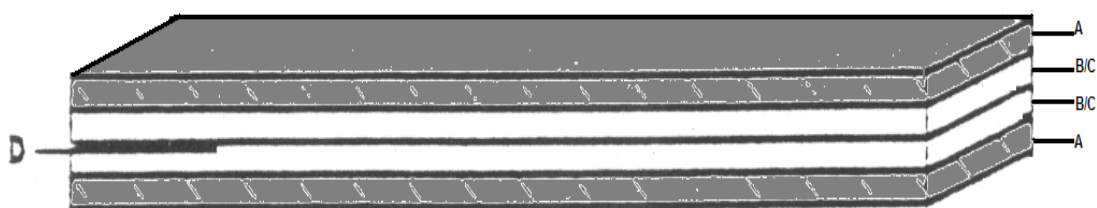


Figura 2.3- Esquema do provete para o ensaio de Peel Teste a tecido calandrado/caply

Legenda:

A – Tecido têxtil calandrado para reforço

BC-Tecido têxtil calandrado a ensaiar

D - Tira separadora de filme de tereftalato de polietileno

O ensaio dá-se por concluído, após a análise de 3 provetes, sendo calculado a média da mediana dos picos máximos.

Encolhimento por ação de calor- Shrinkage

A base deste método é determinar a força de encolhimento e o encolhimento sofrido pelo tecido, quando sujeito a uma determinada temperatura.

No mesmo ensaio são determinados quatro parâmetros, Shrinkage e Shrinkage residual, Shrinkage Force e Shrinkage Force residual. Nos primeiros dois parâmetros, o filamento apenas se encontra preso numa extremidade, estando a extremidade livre sujeita a uma tensão, segundo a especificação relativa ao tecido em análise, e são efetuadas 3 análises. Para a determinação dos últimos dois parâmetros, o filamento encontra-se preso nas duas extremidades, sujeito à pré-tensão especificada, sendo também efetuadas 3 análises. [9]

Na figura 2.4, encontra-se uma representação esquemática dos diversos comprimentos que a amostra apresenta ao longo do ensaio. [9]

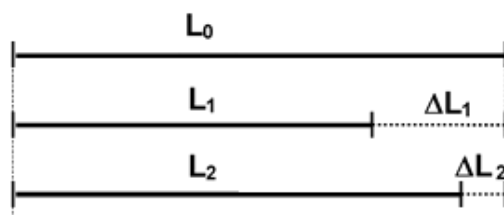


Figura 2.4- Esquema do comprimento da amostra ao longo do ensaio

Legenda:

L₀- Comprimento da amostra antes de se iniciar o teste

L₁- Comprimento da amostra quando sujeita a uma determinada temperatura

L₂- Comprimento da amostra quando deixa de estar sujeita a uma determinada temperatura

Shrinkage, consiste na diminuição do comprimento inicial da amostra (L₀), causado por aquecimento, tempo e pré-tensão:

$$\text{Shrinkage (\%)} = \frac{\Delta L_1}{L_0} \times 100$$

Residual Shrinkage, consiste na diminuição que permanece após o teste, enquanto a amostra se mantém no ambiente condicionado e é mantida a pré-tensão:

$$\text{Residual Shrinkage (\%)} = \frac{\Delta L_2}{L_0} \times 100$$

Shrinkage Force regista a força em Newtons (N), que ocorre como resultado da alteração da temperatura, do tempo e da pré-tensão, para um comprimento constante da corda (fixação do material). [9]

Residual Shrinkage Force regista força residual em Newtons (N), após arrefecimento em ambiente condicionado. [9]

Teor de humidade

Os materiais têxteis apresentam uma forte tendência de absorção de água, principalmente as fibras naturais. Por esse motivo, torna-se indispensável quantificar a humidade contida nos tecidos têxteis, pois o excesso de humidade pode prejudicar o produto final. [9]

Este método tem como principal objetivo determinar a percentagem de humidade nas cordas de tecidos têxteis, nylon, rayon, híbrido (aramida + nylon) e polyester.

O conceito do método é relativamente simples, pois a humidade recuperada é a diferença de peso relativamente ao peso inicial expressa em percentagem que uma amostra apresenta depois de sujeita a uma secagem.

O teor de humidade é a quantidade de água contida na amostra, que é determinada sob condições pré-definidas e expressa em unidades percentuais.

O equipamento utilizado para esta determinação, encontra-se na figura 2.5.



Figura 2.5- Equipamento utilizado, balança mettler.

Espessura- Thickness

Este método de ensaio é usado para determinar o diâmetro de fios, cordas e têxteis.

Deve ser utilizado um Micrómetro com uma precisão mínima de 0,01 mm e diâmetro do êmbolo de 10 mm. [9]

Segundo este método são necessárias quatro cordas alinhadas paralelamente e proceder, no mínimo, a 3 leituras. Sendo realizadas as medições em diversas zonas da amostra. [9]

Observa-se na figura 2.6, o micrómetro utilizado nos ensaios e como se deve realizar o ensaio.

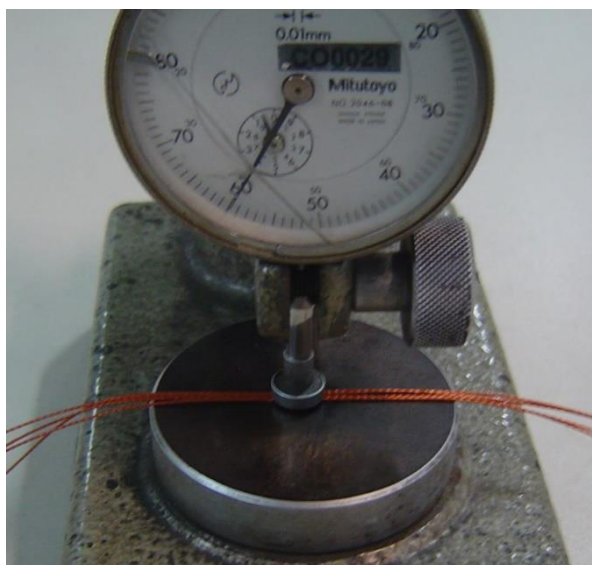


Figura 2.6- Medição do diâmetro de cordas têxteis

2.2.2 Métodos para tecidos impregnados

Twist

O equipamento Twist Tester 5 destina-se à determinação do número de torções em fios, cordas ou telas de reforço têxtil. O equipamento utilizado é apresentado na figura 2.7.



Figura 2.7- Twist

Neste ensaio uma amostra é sujeita a uma rotação oposta ao seu sentido de torção, até se encontrar totalmente desenrolada. O resultado obtido corresponde ao número de voltas.

As amostras adequadas ao teste devem ter o comprimento de 500 mm, sendo permitido usar amostras com 250 mm em casos excepcionais (comprimento da amostra insuficiente). Cada tipo de tecido tem determinadas especificações de acordo com a sua composição. [9]

Para cada tipo de tecido devem ser realizados cinco ensaios, exceto quando há ordens em contrário.

O sentido de torção é determinado experimentalmente ou através de inspeção visual de acordo com a figura 2.8. O sentido de torção "S" é a direção que vai ao encontro com a parte central da letra S, quando a corda está na posição vertical; o sentido de torção "Z", é determinada de igual modo ao S, mas em conformidade com a letra Z. [9]



Figura 2.8- Esquema do sentido de torção

Peso do tecido por 100m

O peso do tecido consiste na determinação do peso seco em estufa de uma quantidade definida (comprimento) de matérias têxteis.

Segundo o procedimento, o método baseia-se na secagem de tecido na estufa, à temperatura de 105°C, durante uma hora. Antes de secar é necessário que a amostra tenha exatamente 1m, e devem ser feitos 3 ensaios para as amostras do material em questão.

Após a secagem, procede-se à pesagem e multiplica-se o valor obtido por 100, de modo a obter o resultado em g/100m.

O material a ensaiar, tem que estar em repouso durante 24h à temperatura e humidade da sala onde são realizados todos os ensaios. Este tempo é necessário para garantir que o material estabilize e perca todas as tensões que tenha sofrido durante o processo e transporte, até ao local de análise.

2.2.3 Métodos para material calandrado e capply

Tackiness e Stickiness

Este método de ensaio é usado para determinar a adesividade de compostos de borracha e componentes.

Tackiness e Stickiness são propriedades de compostos de borracha que estão envolvidos na produção de pneus. Diferentes mecanismos de adesão aplicam-se em diferentes etapas da produção. Para otimizar as propriedades adesivas dos compostos de borracha é necessário diferenciar entre adsorção, interdifusão e bloqueamento. Assim, a adsorção é uma propriedade que está relacionada com as forças entre os átomos constituintes das moléculas, a interdifusão corresponde à intensidade de forças intramoleculares e pode causar problemas quando se procede ao desenrolamento de

uma bobine. O bloqueamento explica a adesão de certos compostos a superfícies rugosas. [9]

O Tackiness refere-se à capacidade de duas superfícies de borracha não vulcanizada, quando em contacto sob ligeira pressão formarem rapidamente uma ligação com resistência significativa à separação. É necessário repetir todo o procedimento 3 vezes e no final proceder ao cálculo da média. O esquema de montagem dos dois provetes, encontra-se na figura 2.9. [9]

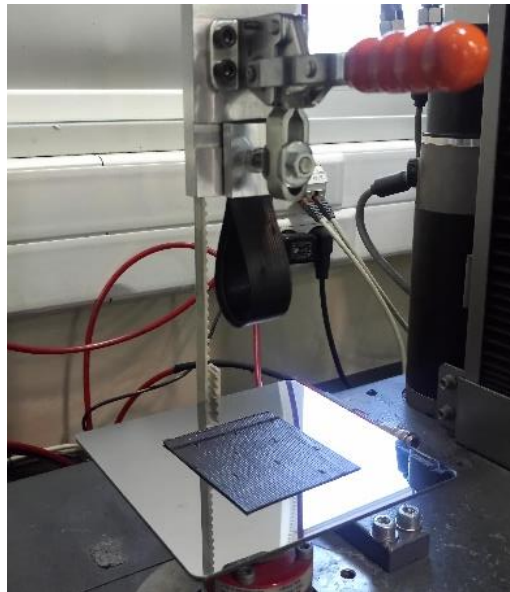


Figura 2.9- Esquema de montagem dos dois provetes para o Tackiness

O Stickiness refere-se à ligação de borracha não vulcanizada contra superfícies de não borracha, ou seja, superfícies metálicas ou têxteis. O esquema de montagem do provete, utilizando uma superfície metálica, encontra-se na figura 2.10.

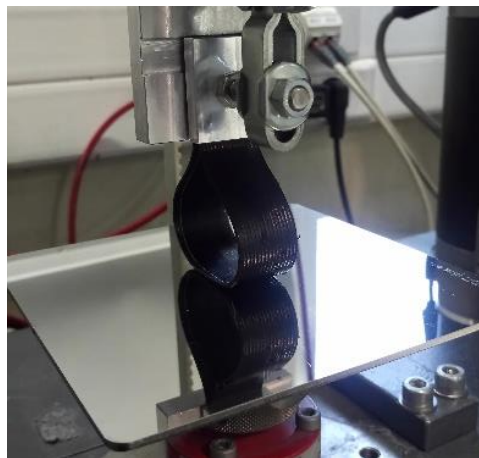


Figura 2.10- Esquema de montagem do Stickiness

Teoricamente, existem deformações envolvidas nos vários métodos. A representação gráfica da força em função do tempo para separar o provete de borracha de uma superfície do mesmo material ou de uma superfície metálica, podia ser representada pela curva A, como mostrado na figura 2.11. Na realidade verifica-se que existem outras forças envolvidas, como mostra a curva B. [9]

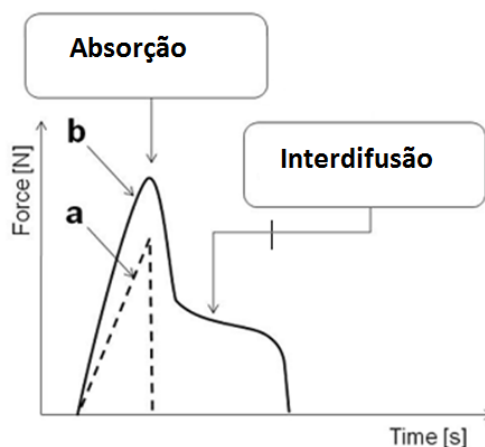


Figura 2.11- Forma típica das curvas de tração para um teste de aderência

Legenda:

- a) Adesividade
- b) Combinação de adsorção e interdifusão

A Absorção (forças de Van-der-Waals) consiste na adesão por forças de atrativas entre materiais, interpretada em termos de espécies atômicas e moleculares que existem na interface. [9]

A Interdifusão é a aderência à borracha, também atribuída às ligações intermoleculares da superfície. Há evidências suficientes para sugerir que o desenvolvimento de uma ligação adesiva é em grande parte devido à difusão de segmentos de cadeia de polímero através de uma superfície. [9]

Por último existe o Bloqueio, que corresponde à adesão da borracha a uma superfície áspera ou porosa e que pode ser causada por ligações mecânicas das cadeias poliméricas. [9]

Os principais fatores envolvidos na absorção, interdifusão e bloqueio, são a área de contato, tempo e pressão de contato, temperatura, mobilidade da corrente (peso molecular, ramificação, cristalino) e velocidade de desprendimento. [9]

Adesão em verde- Green Adhesion

Este teste, também denominado como adesão em verde (“Green Adhesion”), consiste na determinação da força de tração estática do fio de tecido têxtil para o material calandrado de borracha não vulcanizada. [9] De salientar que o ensaio dá-se até ao fio se soltar da borracha.

As tiras cortadas são posicionadas como demonstrado na figura 2.12.

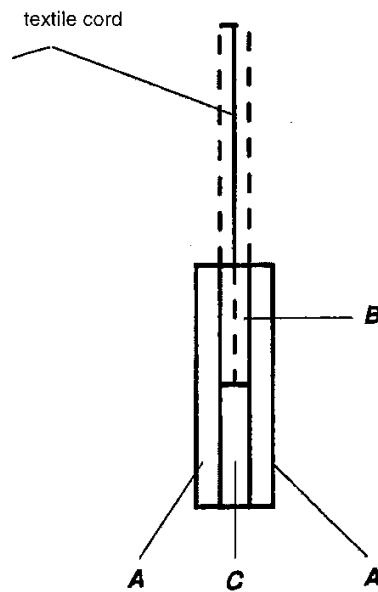


Figura 2.12- Esquema da disposição das diversas tiras e do provete completo

É necessário preparar o provete de material calandrado, que consiste em cortar tiras com determinadas dimensões, originando um provete como na figura 2.13.

Cinco fios da tira de material da montagem B que é colocada por cima do resto do conjunto são expostas para teste. Os restantes fios de têxtil e a borracha são removidos. [9]

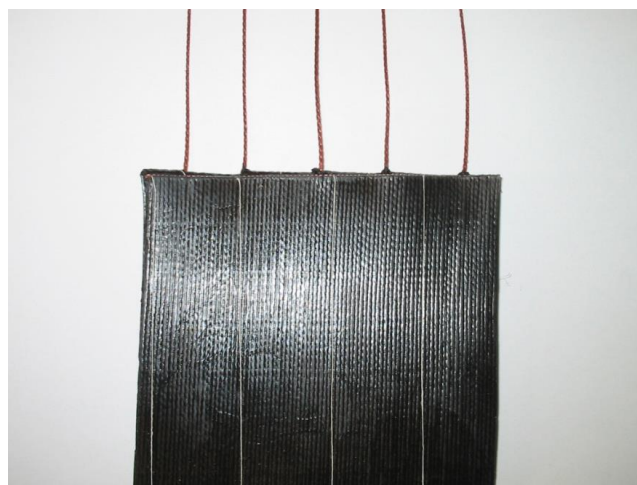


Figura 2.13- Provete com as 5 cordas expostos, prontos para serem testados

No caso de o material ser oriundo das capstrips, são utilizadas medidas em termos de comprimento, e são feitas as montagens como descrito acima com a largura da tira da capstrip. Separa-se a corda no meio de cada uma das tiras, para ser testado.

Determinação do número de cordas- EPDM

Consiste na determinação do número de cordas contidas num decímetro quadrado de tecido têxtil em material calandrado.

Para cada tecido devem ser usadas um mínimo de três amostras. As amostras de materiais calandrados devem ser identificadas com a posição de onde foram retiradas, relativamente às posições da calandra (L1, C, L2). Sendo o L1 o lado do operador, o C o centro da amostra e o L2 lado do motor.

As dimensões das amostras baseiam-se no número de cordas por decímetro quadrado. Estas dimensões são apresentadas na tabela 2.1.

Tabela 2.1- Dimensão das amostras mediante o número de cordas

Nº de cordas por dm ²		Dimensões (cm)
Calandra	Inferior a 100	10x10
	Entre 100 e 500	5x5
	Superior a 500	2x2
Capstrip		Número total

Normalmente, procede-se ao corte das amostras com 10x10 cm pois a maior parte dos tecidos incluídos no projeto encontram-se próximo das 100 cordas por 10cm. Após o corte das amostras, figura 2.14, é necessário decapar o tecido, de modo a facilitar a contagem das cordas, figura 2.15.



Figura 2.14- Corte das amostras com 10x10cm

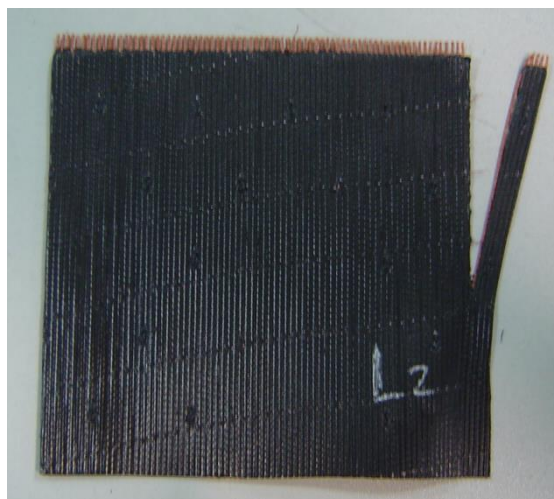


Figura 2.15- Amostra decapada e iniciada contagem

Peso do quadrado- Square meter weight

Neste ensaio, apenas se procede à pesagem dos quadrados cortados para o ensaio EPDM (determinação do número de cordas), antes de decapar. Este método permite obter o peso médio do tecido em g/dm^2 .

No caso do material em capply, para se ter a mesma unidade de medição (g/dm^2) mede-se um metro e pesa-se pois, o capply apresenta uma largura aproximadamente de um centímetro.

Capítulo 3

Desenvolvimento do trabalho

Neste capítulo serão abordadas as diferentes etapas que estiveram envolvidas neste projeto. Desde a maneira como surgiu, a sua programação, e ao modo de recolha das amostras nos dois equipamentos, calandra e capstrip. É ainda apresentado o estudo feito correspondente à escolha do melhor local, de recolha das amostras das capstrip. Por último, referem-se quais os tecidos selecionados para apresentação neste documento, justificando essa seleção e que tipo de análises serão realizadas.

3.1 O projeto Cares

A palavra Cares define-se por “Calandered Material Specifications”.

O Cares surgiu para colmatar a falta de especificações de diversos materiais têxteis e assim, tentar reduzir as variações do desempenho do pneu com base nos impactos dos materiais no processo fabril.

Conforme a figura 3.1, é possível observar-se que o objetivo do projeto é avaliar as variações o material apresenta, após o processo de calandragem ou capstrip. O exemplo utilizado, na figura 3.1, é relativo ao ensaio de propriedades físicas, onde se avalia a relação entre a força e o alongamento. Verifica-se que após o processamento essa relação pode acentuar-se ou diminuir relativamente ao tecido impregnado.

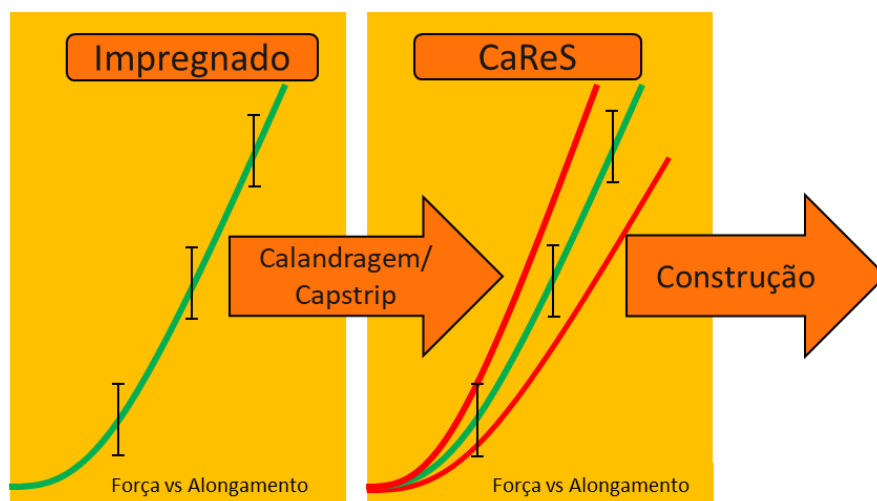


Figura 3.1- Esquema ilustrativo das possíveis variações após o processo de calandragem/ capstrip [9]

Tal como acontece com o ensaio das propriedades físicas, nos restantes métodos comuns, também é possível avaliar as variações que ocorrem após processo de calandragem e capstrip.

Nos ensaios que se destinam apenas ao material impregnado, esta análise serve para ter um meio de comparação com os resultados após o processo.

Para os ensaios que se destinam apenas ao material calandrado/ capstrip o método permitirá perceber que tendências estes tomam e que possíveis interferências terão nas etapas seguintes até obtenção do pneu.

3.2 Amostragem

Relativamente à amostragem, foi necessário estabelecer um procedimento para a recolha das amostras, de modo que, seja efetuada sempre de forma igual, minimizando assim as variações provocadas com a recolha das mesmas.

Material calandrado:

O tecido com borracha é retirado diretamente da calandra, com 100 cm de comprimento e com a largura da calandra. Após a remoção do tecido, o material é imediatamente envolvido numa folha de plástico limpo, com pelo menos 10 cm de margem de todos os lados, figura 3.2 [9]. Este processo deve-se dar em menos de 30 segundos.

Após envolver a amostra, as pontas são seladas com fita adesiva. Este procedimento tem como objetivo assegurar a não ocorrência de contaminações nem a penetração de humidade no tecido desde a recolha, até ao laboratório de matérias-

primas e processamento, onde irão ser realizados os ensaios. Este procedimento pode ser observado na figura 3.3. [9]

A figura 3.4, descreve as dimensões da amostra e a posição dos provetes para os vários testes. O formato necessário dos provetes é definido nos procedimentos descritos na tabela 3.1. [9]

Contudo é necessário, que junto ao material calandrado, seja enviada uma amostra do tecido impregnado, relativo ao rolo que origina o tecido calandrado. Este deve ter aproximadamente 1 metro de comprimento e a largura do respetivo rolo.

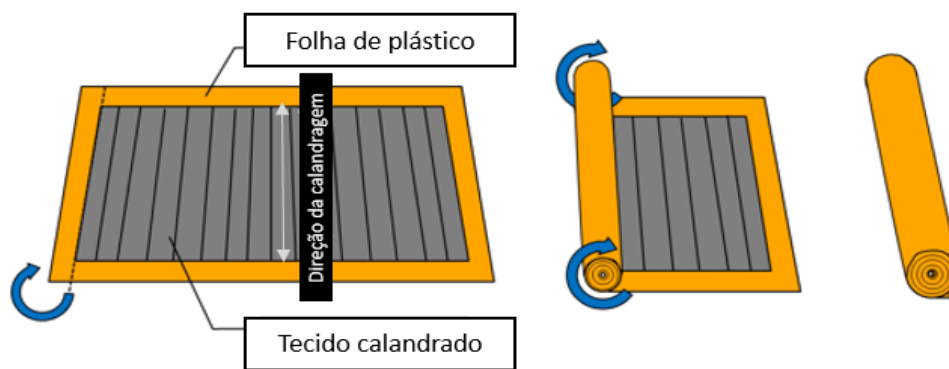


Figura 3.2- Esquema da recolha de tecido calandrado

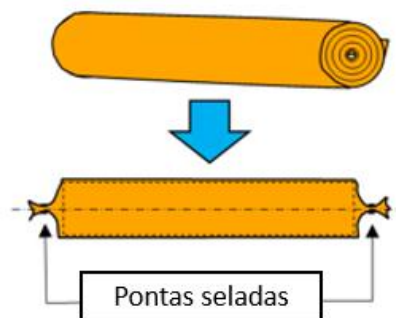


Figura 3.3- Esquema de como selar as amostras

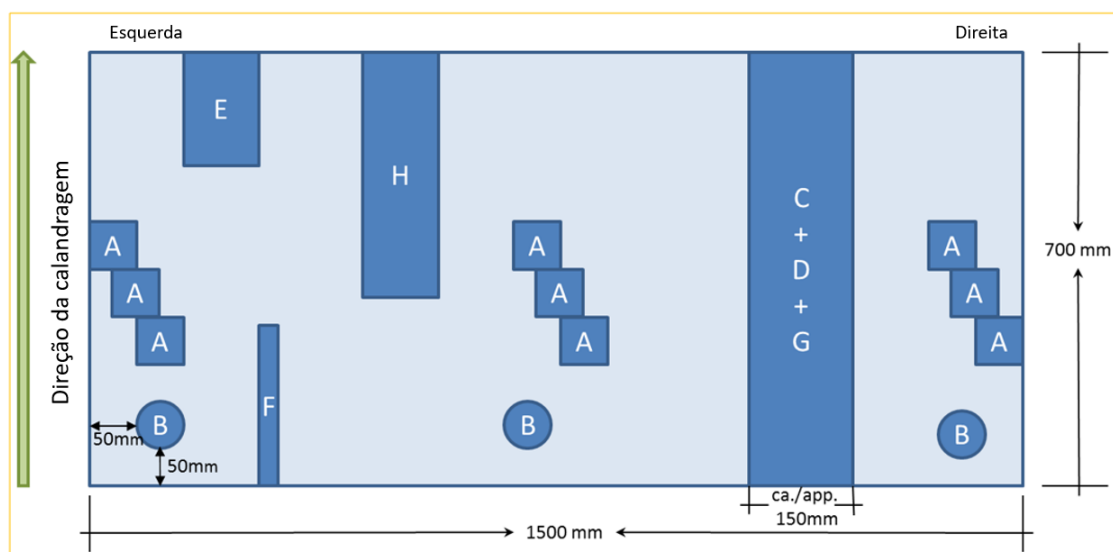


Figura 3.4- Dimensões da amostra e a posição dos provetes para os vários testes

Tabela 3.1- Formato necessário dos provetes definido conforme os procedimentos- material calandrado

Amostra	Procedimento	Número de testes
A	Determinação do número de cordas de tecidos	3 (direita, meio, esquerda)
B	Determinação do peso por decímetro quadrado de tecidos têxteis calandrados	3
C	Humidade	1
D	Teste de alongamento de cordas	1
E	Determinação da adesão (Peel test)	1
F	Tackiness e Stickiness	1
G	Determinação de encolhimento por calor	1
H	Determinação de adesão em verde de tecidos	1

Para além, dos parâmetros referidos até ao momento, o material calandrado e tecido impregnado devem ser recolhidos e enviados para o Laboratório de material em processamento e matérias-primas, devidamente identificadas, com os seguintes campos:

- Material;
- Número do rolo/ número do lote do fornecedor;
- Data da produção;

- Objetivo do ensaio;
- Data e hora de amostragem.

Por outro lado, existem ensaios que necessitam da separação de filamentos. É de realçar que não é permitido retirar cordas junto das extremidades, devido à maior aglomeração de filamentos e maior densidade de trama. Para evitar esta zona, deve remover-se uma tira, de aproximadamente 5cm de largura de cada lado, como se observa na figura 3.5. Exceção feita às capstrips, em que não é necessário proceder a este passo. [9]

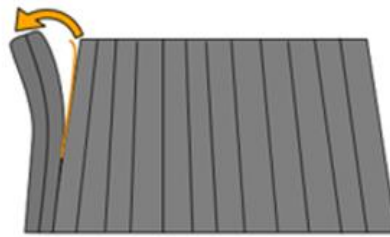


Figura 3.5- Separação de uma tira de tecido das extremidades

Material Capply:

No caso deste material devem ser recolhidas amostras de, aproximadamente, 20 metros de comprimento, sendo que o número de amostras pode variar. A amostra deve ser retirada da espiral para um cone sendo enrolada sem muita tensão, de modo que as suas propriedades não sejam alteradas. Também é necessário que o contacto com o cone seja o mínimo possível, fazendo o enrolamento sobreposto de modo a manter adesividade. [9]

Assim que as amostras chegam ao laboratório, os testes de Humidade e Adesividade devem ser realizados imediatamente, pois as amostras estarão expostas a uma temperatura e humidade controlada.

3.3 Estudo do local de recolha das amostras nas CapStrip

Foi necessário o estudo do local de recolha das amostras, pois segundo a Continental sediada na Alemanha (Continental “mãe”) as amostras teriam de ser retiradas no meio do *creel*. Uma vez que é necessário retirar amostra do tecido antes e após processamento, o momento mais indicado para a recolha, seria no final do *creel*, pois bastava uma deslocação ao setor de produção, de forma a otimizar o processo. Para tal realizou-se um estudo de forma a avaliar o efeito sobre o material quando a amostra é retirada em diferentes alturas do *creel*. Procedeu-se então à recolha das amostras no meio e fim do *creel*. Pois o início não seria um bom local, devido aos ajustes

da temperatura, pressão e da velocidade de arranque do equipamento de extrusão, capstrip.

O estudo realizado avaliou os parâmetros das propriedades físicas e o Shrinkage, sendo considerados os mais importantes.

Avaliando as propriedades físicas verificou-se que, a curva característica do tecido analisado apresentava uma ligeira variação, não significativa, aquando a rotura. Na figura 3.6, o azul corresponde ao material recolhido a meio do *creel* (1º coluna), a vermelho ao material no fim do *creel* (2º coluna), e a verde o material impregnado (3º coluna). Verifica-se que a maior variação ocorre nas percentagens de alongamento de 8 % e 12 %, não sendo uma diferença significativa.

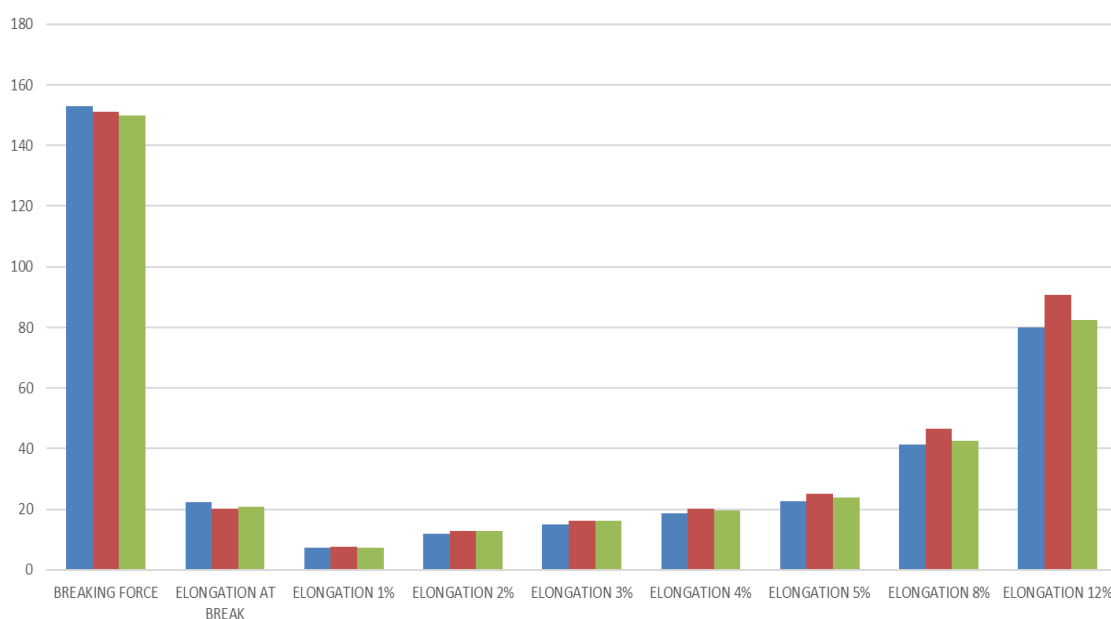


Figura 3.6 - Representação gráfica dos parâmetros avaliados nas propriedades físicas [9]

Quando comparado o shrinkage, verifica-se que os valores obtidos para o shrinkage force e shrinkage force residual não existe praticamente discrepância significativa. Mas quando comparado o shrinkage e o shrinkage residual, observa-se que existe maior discrepância entre os valores do meio e do final do *creel*, não sendo uma discrepância muito significativa devido à sua escala. Na figura 3.7, o azul corresponde ao material a meio do *creel* (1º coluna), a vermelho ao material no fim do *creel* (2º coluna), e a verde o material impregnado (3º coluna).

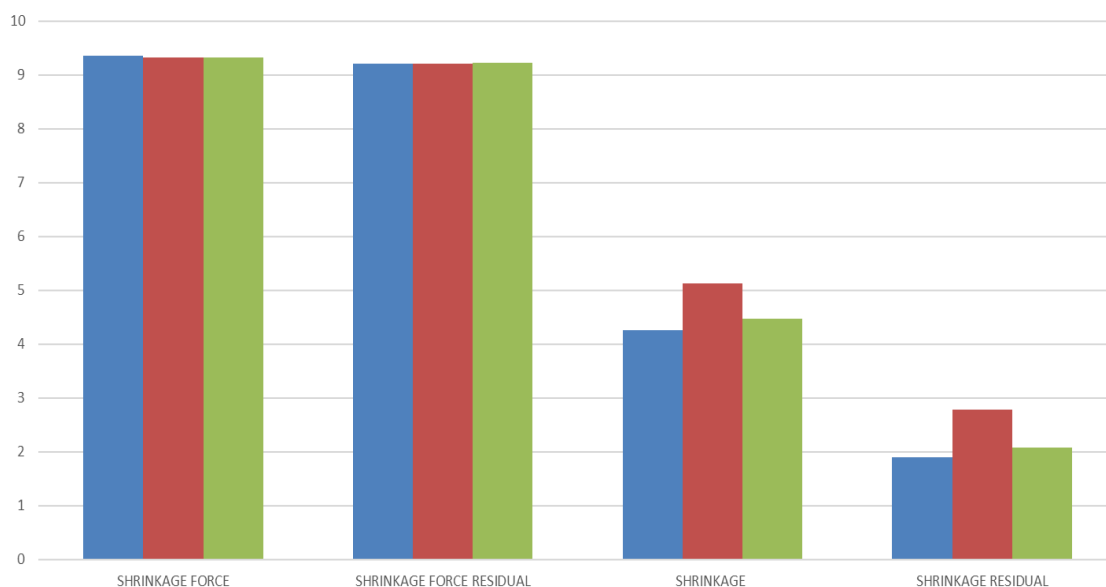


Figura 3.7- Representação gráfica dos parâmetros avaliados no shrinkage [9]

Os valores obtidos para o meio e para a zona final, não mostraram grandes diferenças.

3.4 Programação

A calendarização inicial do projeto consistia numa distribuição dos diversos tecidos ao longo do tempo, ou seja, fazer um tecido de cada vez e só após o seu término, iniciar um novo tecido. A recolha das amostras das capstrip ficou à minha responsabilidade e da colega (operadora da empresa). Nas calandras a recolha era efetuada pelos operadores, mas com um plano de recolha elaborado por nós.

Para cada tecido foi necessário analisar todos os parâmetros apresentados no capítulo 2.2. Para isso foram recolhidas 32 amostras de cada tecido, sendo o impregnado correspondente ao calandrado, de modo a garantir a comparação do mesmo tecido antes e após processo. Contudo apenas 30 amostras foram levadas em linha de conta, pois as duas amostras excedentes, serviram apenas para ter uma segurança no caso de ser necessário descartar algum tecido.

Iniciou-se o projeto com o Nylon 1, mas concluiu-se rapidamente que a realização do projeto, iria demorar demasiado tempo. A partir desse momento, começou-se a retirar amostras do Nylon 1 e do Híbrido, referentes às capstrip, e aproveitando os tecidos que chegavam ao laboratório para o controlo mensal, provenientes das calandras.

Com a aproximação do final do ano civil, as quantidades produzidas decaíram, pois as metas traçadas para o ano estavam próximas de serem alcançadas. Este facto teve como consequência um atraso no projeto.

No novo ano civil, a produção voltou a ser constante, permitindo a recolha de maior número de amostras. Para isso ser possível, foi necessário elaborar uma requisição para que os operários das calandras retirassem amostras a todos os rolos. Assim a recolha foi bastante eficiente.

Com a aproximação do final do estágio e de modo a garantir que esta fase do projeto ficaria completa, elaborou-se nova requisição, mas a indicar o número de amostras em falta de cada estilo. Mais uma vez, os operadores foram bastante compreensivos e em pouco tempo se conseguiu completar os tecidos que faltavam, oriundos das calandras.

Não foi possível concluir, o Nylon 3, devido à sua produção diminuta e ao facto de ser produzido em turnos que não coincidiam com o horário de estágio.

O projeto após esta etapa prosseguiu com estudos de variações de parâmetros de produção e a tentativa de encontrar a influência dessas variações no processo produtivo do pneu.

3.5 Seleção dos diversos tecidos

No projeto, segundo a Continental “mãe”, foram atribuídos à Continental Mabor, nove tecidos têxteis, sendo quatro nylons, dois poliésteres, dois rayons e um híbrido. Para cada tipo de equipamento, ou seja, calandra e capstrip, destinam-se diferentes tecidos. Para a calandra, dois nylons, dois rayons e dois poliésteres. Para as capstrip, destinam-se dois nylons, sendo um deles de características iguais ao da calandra, mas em vez de ser em tela é em corda, e o híbrido, conforme se pode ver na tabela 3.2.

Dada a extensão de resultados obtidos, foi necessário reduzir o número de tecidos apresentados e escolheram-se apenas cinco tecidos. Dois nylons, um que é utilizado na calandra e o outro nas capstrip, de forma a permitir uma comparação entre os materiais obtidos, usando diferentes processos. Um poliéster e um rayon, ambos produzidos na calandra, e por último, foi selecionado o híbrido correspondente às capstrip.

A seleção recaiu para um tecido de cada género e para o tipo de processamento. Além disso, um fator preponderante na seleção destes, foi o volume de material utilizado. Uma vez que, não existe período de stock dos materiais, um modo de

contabilizar os consumos dos mesmos, é através das quantidades rececionadas mensalmente. Estas quantidades são contabilizadas em rolos, quando se destinam ao processo de calandragem. Quando se destinam ao processo de extrusão na capstrip são contabilizados em caixas com número variado de bobines, dependente do material.

A seleção dos cinco estilos de tecido, recaiu sobre o volume de produção, que vai de encontro com os volumes rececionados, presentes na tabela 3.2. Escolheu-se, o tecido denominado Híbrido, o Nylon 1 e 2, Poliéster 1 e o Rayon 1. Verifica-se que estes são os tecidos com maiores quantidades rececionadas mensalmente, com a exceção do Nylon 2 e o Rayon 1.

O Nylon 2 foi selecionado pois durante um período a sua produção aumentou, devido à mudança de lugar das capstrip, o que permitiu, uma maior recolha de amostras. Por outro lado, a sua construção é igual à do Nylon 1, permitindo assim uma comparação entre processos.

Quanto ao Rayon 1, foi selecionado, apenas pela quantidade de amostras retiradas, pois terminou primeiro que o Rayon 2.

Tabela 3.2- Quantidades rececionadas mensalmente dos diferentes materiais

Tecido	Quantidades mensais
Híbrido (capstrip)	66 caixas
Nylon 1 (capstrip)	191 caixas
Nylon 2 (calandra)	8 rolos
Nylon 3 (capstrip)	15 caixas
Nylon 4 (calandra)	90 rolos
Poliéster 1 (calandra)	160 rolos
Poliéster 2 (calandra)	56 rolos
Rayon 1 (calandra)	30 rolos
Rayon 2 (calandra)	45 rolos

3.6 Tratamento de dados

As análises recaíram sobre 30 amostras de cada tecido, sendo esse número fundamentado, pelo teorema do limite central [10].

O teorema do limite central descreve a distribuição da média de uma amostra aleatória de uma população com variância finita. Quando a amostragem é suficientemente grande, ou seja, superior a 30, a distribuição da média assemelha-se à distribuição normal. Hoje em dia, muitos procedimentos estatísticos requerem que os dados sejam aproximadamente normais.

Considerada a distribuição normal, esta baseia-se quer na representação de quantidades que resultam da soma de um grande número de quantias aleatórias, teorema do limite central, quer na representação de características de populações que estejam relacionadas com medições ou com os respetivos erros associados.

Neste caso, assume-se a função de densidade de probabilidade (f.d.p.), que apresenta as seguintes características [10]:

- Domínio R ;
- Tem forma de sino e um único máximo, na média;
- É simétrica relativamente a um eixo vertical em $x = \mu$ (média);
- Apresenta dois pontos de inflexão, em $\mu - \sigma$ e $\mu + \sigma$, sendo σ o desvio padrão.

A distribuição pode assumir três critérios diferentes, dependendo da probabilidade que se pretende para as análises, conforme evidenciado na figura 3.8. Pode-se considerar que, cerca de 68% da população difere da média menos de 1 desvio padrão ($\mu \pm 1\sigma$). Sensivelmente 95% da população difere da média menos de 2 desvios padrões ($\mu \pm 2\sigma$). Por último, cerca de 99,7% da população difere da média menos de 3 desvios padrões ($\mu \pm 3\sigma$).

Para o caso em estudo, optou-se pelos limites impostos pela $\mu \pm 3\sigma$, uma vez que não existe historial do material calandrado/ capstrip.

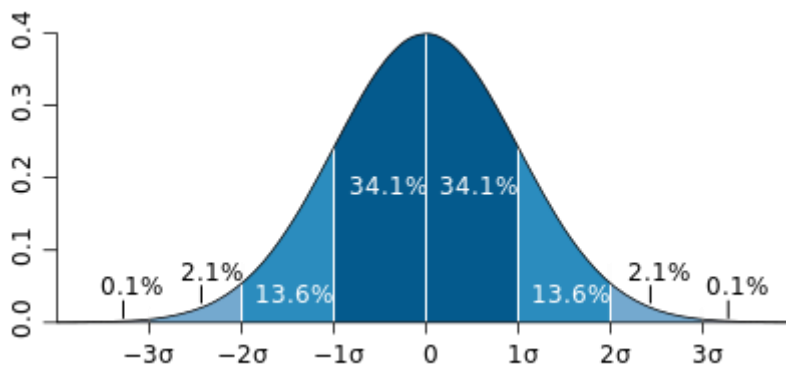


Figura 3.8- Distribuição normal, com a identificação das diferentes probabilidades [10]

Após análise feita pelos diversos métodos, a partir dos limites obtidos, compararam-se os resultados com as especificações do material impregnado, e retiraram-se as diversas conclusões. De seguida, verificou-se a variação existente no intervalo dos limites do tecido impregnado com os limites do tecido calandrado/ capstrip, de modo a perceber o comportamento do material. Isto permitiu, avaliar o comportamento do material após processamento.

Para os métodos destinados ao tecido impregnado sem especificação, não é possível comparações. Logo, os limites obtidos são aceites face à falta de histórico.

Visto que, para os resultados obtidos pelos métodos que se destinam em exclusivo ao material impregnado ou calandrado/capply, não há referências para comparação, foi necessário recorrer a outro tipo de análise. Para a interpretação dos valores gerados pelos mesmos, recorreu-se à análise de correlações entre os vários ensaios aplicados ao tecido impregnado e ao calandrado/ apply. De seguida, fez-se uma avaliação das correlações para os ensaios em comum aos dois materiais, de forma a encontrar alguma ligação entre o antes e após processo.

O estudo de correlações consiste na avaliação do coeficiente de correlação de Pearson (r) ou coeficiente de correlação produto-momento. Esta análise mede o grau de correlação linear entre duas variáveis quantitativas. É um índice adimensional com valores compreendidos entre -1 e 1 [11].

A interpretação do valor r [11]:

- $r = -1$: correlação negativa perfeita, ou seja, quando uma variável aumenta, a outra diminui;
- $r = 1$: correlação positiva perfeita, entre as duas variáveis;
- $r = 0$: as duas variáveis não dependem linearmente uma da outra. No entanto, pode existir uma dependência não linear.

Uma vez que, não se atingiram correlações perfeitas, foi necessário subdividir em intervalos e classificar a correlação. Os intervalos e a devida interpretação do valor r , sendo positivo ou negativo, estão expressos na tabela 3.3.

Tabela 3.3- Intervalos do valor r com a devida interpretação [11]

Valor r (+ ou -)	Interpretação
0,00 a 0,19	Correlação muito fraca
0,20 a 0,39	Correlação fraca
0,40 a 0,69	Correlação moderada
0,70 a 0,89	Correlação forte
0,90 a 1,00	Correlação muito forte

Com os métodos de análise apresentados acima, já é possível proceder às análises de todos os resultados obtidos.

Capítulo 4

Resultados e Discussão

Neste capítulo serão apresentados os resultados obtidos para os diversos tecidos selecionados, bem como a respetiva análise.

Como se consideraram 30 amostras, estas já podem ser analisadas segundo uma distribuição normal, avaliando o valor de médias e desvios padrões dos resultados. Pretende-se que os resultados estejam dentro dos limites calculados através da média ± 3 desvios padrões.

O equipamento onde cada tecido selecionado é processado, encontra-se presente na tabela 4.1.

Tabela 4.1- Equipamento associado a cada tecido

Tecidos		Equipamento
Nylon	1	Capstrip
	2	Calandra
Poliéster 1		Calandra
Rayon 1		Calandra
Híbrido		Capstrip

Visto que os métodos de análises se encontram divididos em três grupos e de modo a simplificar a interpretação, na tabela 4.2 são apresentadas as análises efetuadas para cada tipo de material.

Uma vez que todos os tecidos impregnados escolhidos já tinham algumas especificações impostas pela Continental “mãe”, os ensaios realizados serviram para uma possível comparação dos valores após processamento do respetivo tecido.

Para o caso dos resultados correspondentes ao tecido calandrado e ao tecido que passou na capstrip a falta de especificações levou a que fosse necessário criar limites. Como já foi referido, os limites considerados foram a média ± 3 desvios padrões.

Tabela 4.2- Esquema dos métodos de análise

Material a aplicar	Métodos
Comum ao material impregnado, calandrado e capply	Propriedades físicas
	Adesão- Peel Test
	Shrinkage
	Humidade
	Espessura
Apenas ao tecido impregnado	Twist
	Peso da corda
Exclusivamente ao material calandrado e capply	Adesividade
	Tackiness/ Stickiness
	EPDM
	Peso do quadrado
	Green Adhesion

Para os restantes métodos aplicados exclusivamente ao tecido impregnado e aplicados unicamente ao material calandrado e capply, sendo impossível a sua comparação, recorreu-se ao método da determinação dos coeficientes de correlação

Uma vez que os tecidos testados foram cinco, as amostras testadas foram 30 para cada tecido e foram analisados 34 parâmetros analisados para cada amostra, não é possível apresentar neste relatório todos esses resultados. Deste modo, optou-se por apresentar no anexo A, a título de exemplo, as figuras referentes a todos os parâmetros obtidos para o nylon 1. As restantes representações gráficas encontram-se num ficheiro entregue à empresa. No Anexo B são apresentados sob a forma de tabelas os coeficientes de correlação obtidos para os vários tecidos testados.

4.1 Nylon 1

O Nylon 1, como já foi referido, é um tecido utilizado nas Capstrip. Para o *creel* do equipamento estar completo são necessárias duas caixas de bobines. Após o processo cada tira de capply contém 8 cordas, ou seja, são necessárias 8 bobines diferentes de tecido impregnado.

Cada *creel* deste tecido origina 16 bobines de capply, segundo a Continental “mãe”, por cada *creel* devem-se retirar três amostras. De forma à amostragem ser sempre igual, optou-se por usar como pontos de amostragem a bobine 1, 8 e 16, posições estas relativas ao sistema de enrolamento do capply.

Para ser possível a comparação dos resultados entre o tecido impregnado e o capply correspondente, era necessário garantir que a bobine de corda impregnado usada era o que ia estar presente no capply. Deste modo, foi imprescindível a colaboração dos operadores.

Sempre que se retiravam as amostras, estas eram encaminhadas para o laboratório e expostas à temperatura e humidade controlada, para a realização de todos os ensaios.

4.1.1 Tecido impregnado- Especificações e Valores obtidos

Obteve-se a média e o desvio padrão para cada método e procedeu-se ao cálculo dos limites superior e inferior, que são apresentados na tabela 4.3.

Avaliando as representações gráficas referentes ao tecido impregnado, presentes em anexo A e comparando os limites especificados (não sendo possível apresentar, devido à confidencialidade) com os limites encontrados, concluiu-se que:

- Em alguns parâmetros os limites encontrados são mais apertados que as especificações. Em concreto, na percentagem de alongamento, força de rotura, espessura, twist S e Z e peso da corda;
- Na força a 2 e 4% de alongamento e shrinkage residual, os limites encontram-se deslocados face às especificações, o que significa que, os limites devem ser ajustados;
- Na força a 8 e 12% de alongamento e shrinkage os limites encontrados são maiores que os especificados, sugere-se então alteração dos limites;
- Para o peel test e shrinkage force, apenas existe limite inferior, mas todos os valores obtidos são superiores, sugerindo assim que os limites encontrados possam ser aplicados;
- O shrinkage force residual é o único parâmetro que não possui qualquer especificação, tendo-se encontrado uma elevada discrepância entre os valores obtidos.

Tabela 4.3- Dados obtidos para o Nylon 1 impregnado, para os diversos ensaios, com os respectivos limites obtidos

Impregnado						
Método		Unidade	Média	Desvio padrão	Limite superior	Limite inferior
PF	% Alongamento	%	20,38	0,75	22,63	18,13
	Força de rotura	N	149,90	1,94	155,71	144,09
	Força a 2% alongamento	N	13,25	0,41	14,47	12,03
	Força a 4% alongamento	N	21,32	1,04	24,44	18,20
	Força a 8% alongamento	N	47,16	2,12	53,52	40,80
	Força a 12% alongamento	N	90,34	3,85	101,88	78,80
Peel Test		N	188,14	8,89	214,81	161,47
Shrinkage		%	4,70	0,37	5,81	3,59
Shrinkage Residual		%	2,28	0,23	2,97	1,59
Shrinkage Force		cN	608,22	39,05	725,37	491,08
Shrinkage Force Residual		cN	48,62	21,72	113,78	-
Humidade		% água perdida	2,35	0,34	3,36	1,35
Espessura		Mm	0,54	0,02	0,58	0,49
Twist S		Torções/m	354,86	4,60	368,66	341,06
Twist Z		Torções/m	354,29	4,44	367,61	340,97
Peso da corda		g/100m	20,39	0,30	21,29	19,48

4.1.2 Comparação dos limites obtidos antes e após capstrip

Os valores obtidos estão presentes na tabela 4.4.

Avaliando as figuras A.1 a A.26 apresentados no anexo A, correspondentes aos métodos comuns ao tecido impregnado e capstrip, e as diferenças entre os limites encontrados na tabela 4.3 e 4.4, concluiu-se que:

- Dos seis parâmetros analisados no ensaio de propriedades físicas, apenas a força de rotura e a força a 8% de alongamentos apresentam um intervalo ligeiramente maior, face ao impregnado. Os restantes apresentam intervalos inferiores, destacando-se a força a 4% de alongamento, com sensivelmente metade do intervalo;
- O peel test encontrou-se um intervalo inferior, mas semelhantes ao impregnado;
- Nos quatro parâmetros de shrinkage, todos apresentam um intervalo inferior. Destaca-se, três parâmetros são sensivelmente metade, face ao impregnado. Apenas o shrinkage residual apresenta um intervalo próximo ao impregnado. Estas diferenças são justificadas pelo aquecimento e arrefecimento que o material sofre durante o processo;
- Por último, a humidade revela um intervalo superior, cerca de uma unidade percentual.

4.1.3 Comparação dos valores médios obtidos, antes e após capstrip

As análises foram efetuadas sobre as variações dos resultados nos diversos métodos, seguindo-se uma análise das variações existentes provocadas pelo processo. Recorreu-se à comparação das médias, entre o impregnado e o capstrip, mas como existem valores especificados para o impregnado, utilizam-se o valor médio da especificação, designado por target, de forma a ter uma fonte de comparação do impregnado.

A figura 4.1 apresenta os parâmetros das propriedades físicas, permitindo a comparação entre os targets do tecido impregnado e as médias obtidas para o tecido antes e após extrusão.

Através da análise da figura 4.1, comparando os valores dos targets com os do tecido impregnado, concluiu-se que todos as médias obtidas são ligeiramente maiores que o target, com a exceção da percentagem de alongamento e força de rotura. A explicação para tal, é a maior variação de força em função do alongamento, ou seja, é

o local onde a curva característica (ver figura 2.1), deste tecido, apresenta maior declive, logo com a menor variação de alongamento existe uma elevada variação na força.

Tabela 4.4- Dados obtidos para o Nylon 1 em capply, para os diversos ensaios, com os respetivos limites obtidos

Capply						
Método		Unidade	Média	Desvio padrão	Limite superior	Limite inferior
PF	% Alongamento	%	21,10	0,67	23,12	19,08
	Força de rotura	N	149,03	2,46	156,40	141,66
	Força a 2% alongamento	N	12,16	0,32	13,12	11,20
	Força a 4% alongamento	N	19,05	0,52	20,62	17,48
	Força a 8% alongamento	N	43,25	2,30	50,17	36,34
	Força a 12% alongamento	N	83,07	2,98	92,02	74,12
Peel Test		N	143,75	7,89	167,43	120,08
Shrinkage		%	4,20	0,18	4,75	3,64
Shrinkage residual		%	1,82	0,18	2,34	1,29
Shrinkage Force		cN	519,27	22,31	586,21	452,33
Shrinkage Force Residual		cN	9,74	9,87	39,36	0,00
Humidade		% água perdida	1,93	0,49	3,40	0,47
Espessura		Mm	0,75	0,03	0,83	0,67
Green Adhesion		N	24,30	3,15	33,76	14,84
Adesividade		N	10,21	1,73	15,39	5,02
Tackiness		N	11,63	1,49	16,11	7,15
Stickiness		N	4,99	1,03	8,07	1,92
Square meter		g/dm ²	7,21	0,25	7,95	6,48

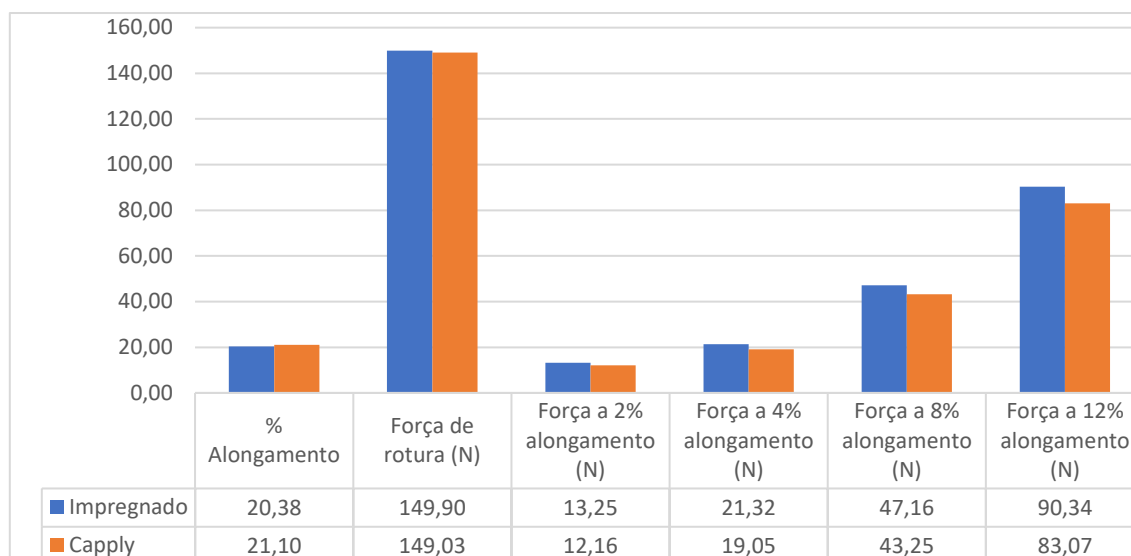


Figura 4.1- Representação gráfica dos parâmetros das propriedades físicas do nylon 1, com target especificado para o impregnado e as médias obtidas para impregnado e capply

Comparando os valores do impregnado com os do capply, observa-se que todas as médias do capply são inferiores às do impregnado, com a exceção da percentagem de alongamento. Estas diferenças verificam que o processo de extrusão tem influência nas propriedades físicas evidenciadas pelo material.

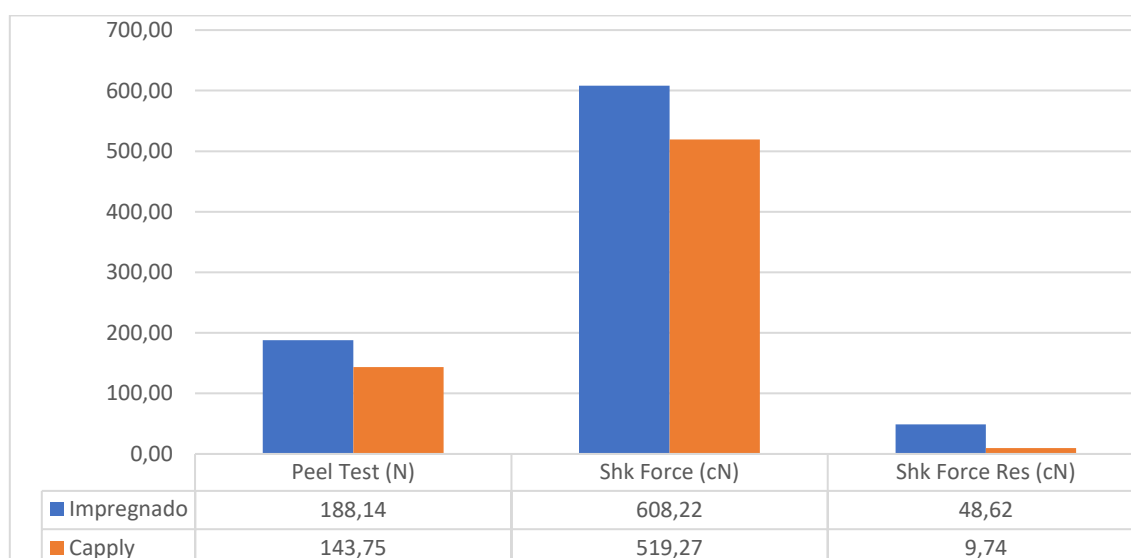


Figura 4.2- Representação gráfica dos parâmetros do peel test, shrinkage force e shrinkage force residual do nylon 1, contendo as médias obtidas para impregnado e capply

A comparação entre as médias obtidas antes e após o processo, para os métodos peel test, shrinkage force e shrinkage force residual, encontram-se na figura 4.2. Observa-se que as médias do capply para os três métodos são bastante inferiores às médias do tecido impregnado.

No caso do peel test, essa diferença pode ser originária, pela forma de construção dos provetes. Enquanto que o tecido impregnado utiliza um composto de borracha padrão, enviado pela continental “mãe”, a transformação em capply, utiliza um composto oriundo dos misturadores da fábrica.

No caso dos valores medidos para shrinkage force e force residual, estes estão interligados, uma vez que correspondem a análises sucessivas na mesma corda. Para além das possíveis variações provocadas pela extrusão, que promove o aquecimento e arrefecimento da corda, também a forma como se remove a corda do interior do capply, pode ter influência nos valores obtidos, pois quanto maiores as quantidades de partículas de borracha na corda, menor serão os valores médios obtidos.

Na figura 4.3 apresentam-se os resultados médios obtidos para o shrinkage, shrinkage residual e humidade.

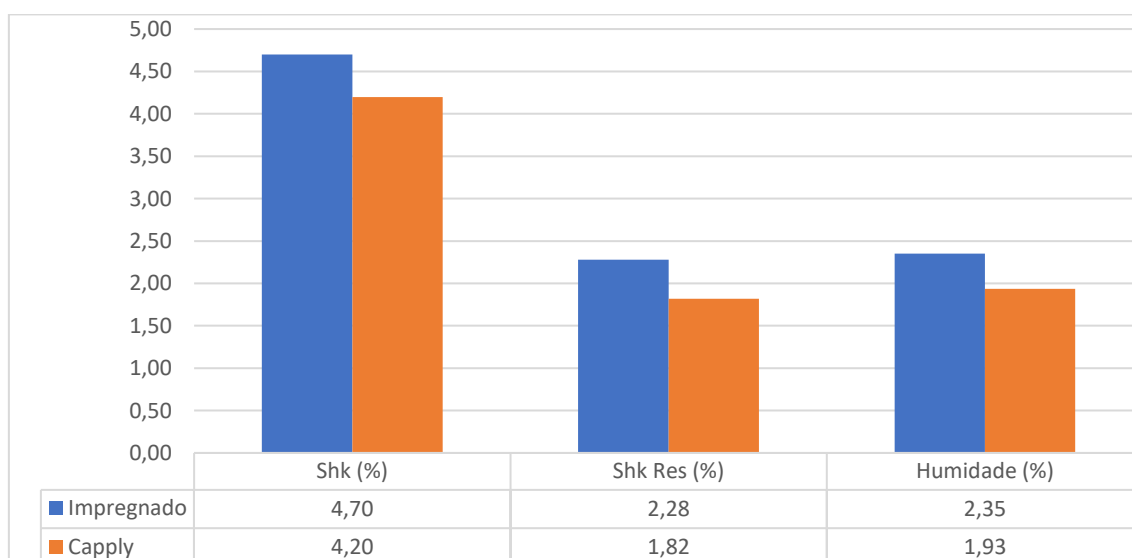


Figura 4.3- Representação gráfica do shrinkage, shrinkage residual e humidade do nylon 1, com target especificado para o impregnado e as médias obtidas para impregnado e capply

Através da figura 4.3, observam-se os valores dos targets e as médias do tecido impregnado e capply, correspondentes a: shrinkage e shrinkage residual e humidade. Constata-se que os valores obtidos para o impregnado são maiores que os targets. Contudo, as médias obtidas para o capply são inferiores quando comparados com as médias do impregnado. A justificação recai sobre o mesmo motivo já referido para o shrinkage force.

Os restantes métodos destinam-se exclusivamente ao tecido impregnado ou ao capply.

4.1.4 Análises dos coeficientes de correlação linear

O estudo de correlações foi dividido em três passos: correlações entre os métodos que se destinam ao tecido impregnado; correlações entre os métodos para o cappy; estudo de correlações entre os métodos comuns, para verificar a existência ou não de ligação entre os resultados. No caso de existir alguma ligação entre os resultados, conclui-se que o processo influencia o material de forma constante.

Em relação ao estudo de correlações do tecido impregnado, todos os dados obtidos encontram-se na tabela B.1, do anexo B. A partir desses dados conclui-se que:

- Nas propriedades físicas, dentro dos diversos parâmetros analisados, destaca-se a percentagem de alongamento com uma correlação moderada a forte, quando comparada com os restantes parâmetros; observa-se que as forças registadas a diferentes percentagens de alongamento, apresentam uma correlação forte, mas próxima da correlação muito forte. No entanto, isto acontece quando se interceta na tabela B.1 os parâmetros das forças correspondentes a alongamento sucessivos.
- No peel test, as correlações encontram-se todas no nível de muito fracas ou fracas. Uma justificação para a falta de correlação, poderá ser o facto de ser um teste onde a amostra já se encontra vulcanizada;
- O shrinkage force apresenta uma correlação muito forte com o shrinkage force residual; destaca-se também que os quatro parâmetros oriundos do shrinkage contêm uma correlação moderada com a força a 12% de alongamento;
- A humidade, espessura, twist e peso da corda apresenta correlações muito fracas a fracas; mais uma vez, não se pode retirar muitas conclusões dos métodos aplicados apenas ao impregnado.

Em relação ao estudo de correlações do cappy, todos os dados obtidos encontram-se na tabela B.2. A partir desses dados conclui-se que:

- Nas propriedades físicas, observa-se que a percentagem de alongamento apresenta correlações negativas moderadas com a força a diferentes percentagens de alongamento. Verifica-se que a correlação aumenta de moderada para forte quando se interceta na tabela B.2 os parâmetros das forças correspondentes a alongamento sucessivos e crescentes.

- No peel test novamente se verifica que as suas correlações com os restantes métodos são muito fracas a fracas;
- No shrinkage force, observa-se que a correlação existente com o shrinkage force residual é muito forte; o mesmo acontece com o shrinkage com shrinkage residual;
- O tackiness, o stickiness e a adesividade, são parâmetros semelhantes, que obedecem à mesma base teórica. Mas constata-se que o tackiness apresenta uma correlação moderada com o stickiness e uma correlação inversa muito fraca com a adesividade. Os testes de stickiness sendo feitos por um método igual ao método da adesividade, diferem apenas no equipamento utilizado, apresenta uma correlação muito fraca;
- A espessura e square meter weight expressam uma correlação moderada, o que seria de esperar, pois a espessura da corda está diretamente relacionada com o peso;
- Por último, o green adhesion apresenta uma correlação positiva moderada com o tackiness e força a 2% de alongamento;

Para concluir, realizou-se o estudo de correlações para os métodos em comum ao tecido impregnado e capply. Os resultados encontram-se presentes na tabela 4.5, os resultados, advém da tabela B.3.

Tabela 4.5- Correlações obtidas com os resultados dos métodos em comum para o nylon 1

Antes e Após extrusão	
Método	Correlação linear
Porcentagem Alongamento	0,055
Força de rotura	-0,173
Força a 2% alongamento	0,358
Força a 4% alongamento	-0,200
Força a 8% alongamento	-0,232
Força a 12% alongamento	-0,173
Peel Pest	-0,213
Shk Force	0,033
Shk Force Res	0,152
Shk	0,157
Shk Res	0,054
Humidade	0,374

Através da análise da tabela 4.5, conclui-se que todas as correlações obtidas para cada método antes e após processo de extrusão, encontram-se num nível de correlações muito fracas a fracas. Seria necessário investigar, outros meios de análise, para compreender melhor a relação entre o material e o processo.

4.2 Nylon 2

O Nylon 2, é um tecido utilizado nas Calandras. Para ser possível o arranque do equipamento, é necessário que o tecido esteja preso, de maneira que o equipamento possa tracionar o tecido. Depois do tecido passar entre os rolos, já se encontra envolto em borracha- tecido calandrado.

A amostragem, por norma é realizada no final do último rolo calandrado. Pois cada rolo impregnado, origina em média quatro rolos calandrados. As amostras ao serem retiradas, do final do rolo impregnado e do último rolo calandrado, permite uma proximidade entre os materiais, possibilitando assim uma melhor comparação.

Os operadores da calandra foram os responsáveis pela recolha das amostras, pois consistia num processo complicado e envolvia a alteração de parâmetros no equipamento. Como por exemplo, velocidades dos moinhos de alimentação e velocidade de calandragem. Sempre que retiravam as amostras, estas eram encaminhadas para o laboratório de matérias-primas e material em processamento, e expostas a temperatura e humidade controlada, para a realização de todos os ensaios.

4.2.1 Tecido impregnado- Especificações e Valores obtidos

A média, o desvio padrão e os limites superiores e inferiores calculados para Nylon 2 são apresentados na tabela 4.6.

Comparando os limites especificados (também não apresentados devido à confidencialidade) com os limites encontrados, conclui-se que:

- No ensaio de propriedades físicas, os parâmetros que possuem especificação apresentam um intervalo menor, relativamente aos limites obtidos. Contudo, na força de rotura e na força a 2% de alongamento, os limites obtidos encontram-se deslocados face à especificação. Observa-se que sensivelmente metade dos ensaios apresentam valores acima do limite superior especificado.
- No peel test, todos os valores se encontram acima do limite inferior. Possibilita assim a utilização dos limites obtidos como novos limites.

- No shrinkage force e force residual os valores encontram-se distribuídos entre o limite inferior e o target. Existe valores abaixo do limite inferior ou muito próximo deste. Sendo necessário tomar medidas de prevenção ou alteração das especificações.
- O shrinkage apenas apresenta limite inferior especificado, contudo, todos os resultados são superiores ao valor especificado. O shrinkage residual não contem especificação, e uma vez que, é provável que a pré tensão para este ensaio não se encontre adequada.
- Na espessura, os resultados encontram-se dentro dos limites especificados, mas comparativamente aos limites obtidos, estes encontram-se ligeiramente deslocados.
- No twist, verifica-se que todos os valores obtidos se encontram dentro dos limites especificados. Relativamente aos limites obtidos, constata-se que são muito semelhantes aos valores especificados.
- Por último, verifica-se que no peso da corda a grande maioria dos resultados encontra-se acima do limite superior especificado.

4.2.2 Comparação dos limites obtidos antes e após calandragem

Na tabela 4.7, encontram-se os valores das médias obtidas para cada método destinado ao material calandrado, o respetivo desvio padrão e os limites obtidos.

Comparando os limites encontrados na tabela 4.6 e 4.7, conclui-se que:

- Para os seis parâmetros analisados nas propriedades físicas, depara-se que apenas a força de rotura apresenta um intervalo menor, face ao impregnado; os restantes parâmetros apresentam um intervalo maior, contudo, a percentagem de alongamento é maior apenas uma unidade percentual e os restantes são sensivelmente o dobro, relativamente ao impregnado;
- O peel test obteve um intervalo menor, mas os valores resultantes do material calandrado encontram-se muito próximos do limite mínimo. Os valores do material calandrado são inferiores ao tecido impregnado, pelos mesmos motivos explicados no nylon 1;
- No shrinkage e shrinkage residual o intervalo é ligeiramente superior;
- No shrinkage force e force residual os intervalos são bastante superiores, 2,3 e 3,8 vezes superiores, respetivamente, quando comparado com o intervalo obtido para o tecido impregnado. Isto indica que o processo de

calandragem tem uma enorme influência. Pois as quantidades de borracha que ficam retidas na corda quando se retira do material, são diminutas, logo não provocariam uma discrepância elevada, como se verifica;

- A humidade também apresenta um intervalo maior, pois existe maior discrepância entre os resultados, também originaria do processo (aquecimento e arrefecimento) e das pequenas partículas de borracha na corda.
- Por último, o EPDM é um método destinado apenas ao material calandrado e possui especificação. Através da análise gráfica, presente no ficheiro Excel, observa-se que a maioria dos resultados se encontra abaixo do valor especificado.

4.2.3 Comparação dos valores médios obtidos, antes e após calandragem

Até ao momento, as análises efetuadas recaíram sobre as variações dos resultados nos diversos métodos. Segue-se a análise das variações existentes provocadas pelo processo. Recorreu-se à comparação das médias, entre o impregnado e o material calandrado. Como existem valores especificados para o impregnado, utiliza-se o target, de forma a ter uma fonte de comparação do impregnado.

A figura 4.4 apresenta os parâmetros das propriedades físicas, os targets das especificações do tecido impregnado e as médias dos valores obtidos para o tecido antes e após calandragem.

Através da análise da figura 4.4, apenas três parâmetros apresentam targets. Comparando os targets com as médias obtidas para o tecido impregnado, conclui-se que, todos as médias obtidas são ligeiramente maiores que o target.

Comparando os valores do impregnado com os do calandrado, observa-se que todas as médias do calandrado são superiores às do impregnado, exceto a força a 2% de alongamento que apresenta uma média ligeiramente inferior.

Tabela 4.6- Dados obtidos para o Nylon 2 impregnado, para os diversos ensaios, com os respectivos limites obtidos

Impregnado						
Método		Unidade	Média	Desvio padrão	Limite superior	Limite inferior
PF	% Alongamento	%	20,21	0,82	22,67	17,75
	Força de rotura	N	150,27	2,29	157,13	143,40
	Força a 2% alongamento	N	13,08	0,48	14,51	11,65
	Força a 4% alongamento	N	20,16	0,71	22,30	18,03
	Força a 8% alongamento	N	46,19	2,03	52,29	40,09
	Força a 12% alongamento	N	90,35	3,82	101,82	78,87
Peel Test		N	185,05	12,11	221,37	148,74
Shrinkage		%	4,37	0,15	4,83	3,90
Shrinkage Residual		%	2,05	0,16	2,53	1,57
Shrinkage Force		cN	525,48	19,35	583,52	467,44
Shrinkage Force Residual		cN	6,48	5,28	22,32	0,00
Humidade		% água perdida	1,79	0,35	2,84	0,74
Espessura		mm	0,52	0,01	0,55	0,49
Twist S		Torções/m	351,08	6,78	371,43	330,73
Twist Z		Torções/m	354,94	6,20	373,53	336,35
Peso da corda		g/100m	20,71	0,13	21,09	20,32

Tabela 4.7- Dados obtidos para o Nylon 2 calandrado, para os diversos ensaios, com os respectivos limites obtidos

Calandrado						
Método		Unidade	Média	Desvio padrão	Limite superior	Limite inferior
PF	% Alongamento	%	20,62	0,97	23,54	17,70
	Força de rotura	N	153,03	1,88	158,69	147,38
	Força a 2% alongamento	N	12,97	0,73	15,15	10,78
	Força a 4% alongamento	N	21,31	1,70	26,40	16,22
	Força a 8% alongamento	N	49,08	3,81	60,52	37,64
	Força a 12% alongamento	N	93,35	5,38	109,49	77,22
Peel Test		N	134,58	10,27	165,38	103,79
Shrinkage		%	4,58	0,24	5,30	3,87
Shrinkage Residual		%	2,24	0,25	3,01	1,48
Shrinkage Force		cN	555,73	43,90	687,43	424,02
Shrinkage Force Residual		cN	26,21	20,29	87,09	0,00
Humidade		% água perdida	1,58	0,63	3,46	0,00
Espessura		mm	0,78	0,03	0,87	0,69
Green Adhesion		N	42,90	3,76	54,19	31,61
Adesividade		N	9,20	2,83	17,68	0,72
Tackiness		N	28,72	9,91	58,45	0,00
Stickiness		N	10,46	4,06	22,64	0,00
Square meter weight		g/dm ²	7,97	0,41	9,19	6,75
EPDM		Número de cordas/dm ²	79,60	1,35	83,66	75,54

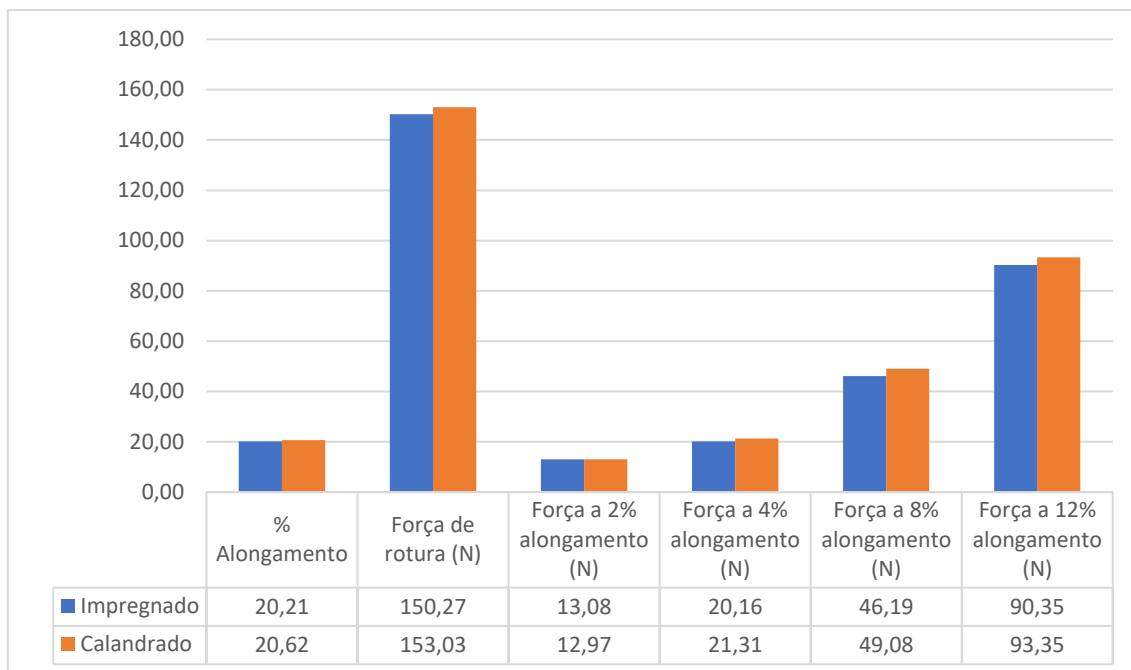


Figura 4.4- Representação gráfica dos parâmetros das propriedades físicas do nylon 2, com target especificado para o impregnado e as médias obtidas para impregnado e calandrado

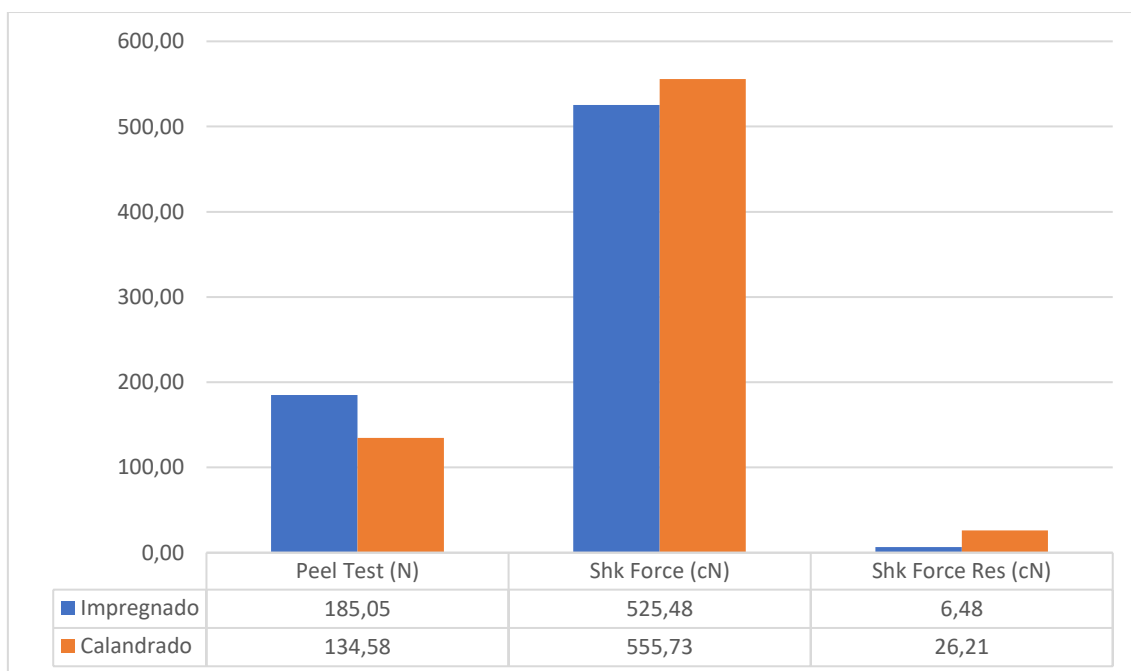


Figura 4.5- Representação gráfica dos parâmetros do peel test, shrinkage force e shrinkage force residual do nylon 2, contendo as médias obtidas para impregnado e calandrado

Na figura 4.5, encontra-se a comparação entre as médias obtidas antes e após calandragem, para os métodos peel test, shrinkage force e shrinkage force residual. Observa-se que a média do calandrado é bastante inferior à média do tecido impregnado no peel test e bastante superior no shrinkage force e force residual.

No caso do peel test, essa diferença pode ser originada, pela forma de construção dos provetes. Enquanto que o tecido impregnado utiliza um composto de borracha padrão, enviado pela continental “mãe”, a calandragem utiliza um composto oriundo dos misturadores da fábrica.

No caso do shrinkage force e force residual, os valores obtidos estão relacionados, uma vez que são análises sucessivas à mesma corda. Verifica-se que a média do calandrado é superior ao impregnado, como já se tinha observado na análise dos intervalos. Esta diferença é explicada pelas variações provocadas pelo processo, ou seja, a corda sofre aquecimento, arrefecimento e diferenças de pressão a que a corda é sujeita.

Na figura 4.6 apresentam-se os resultados médios obtidos para o shrinkage, shrinkage residual e humidade.

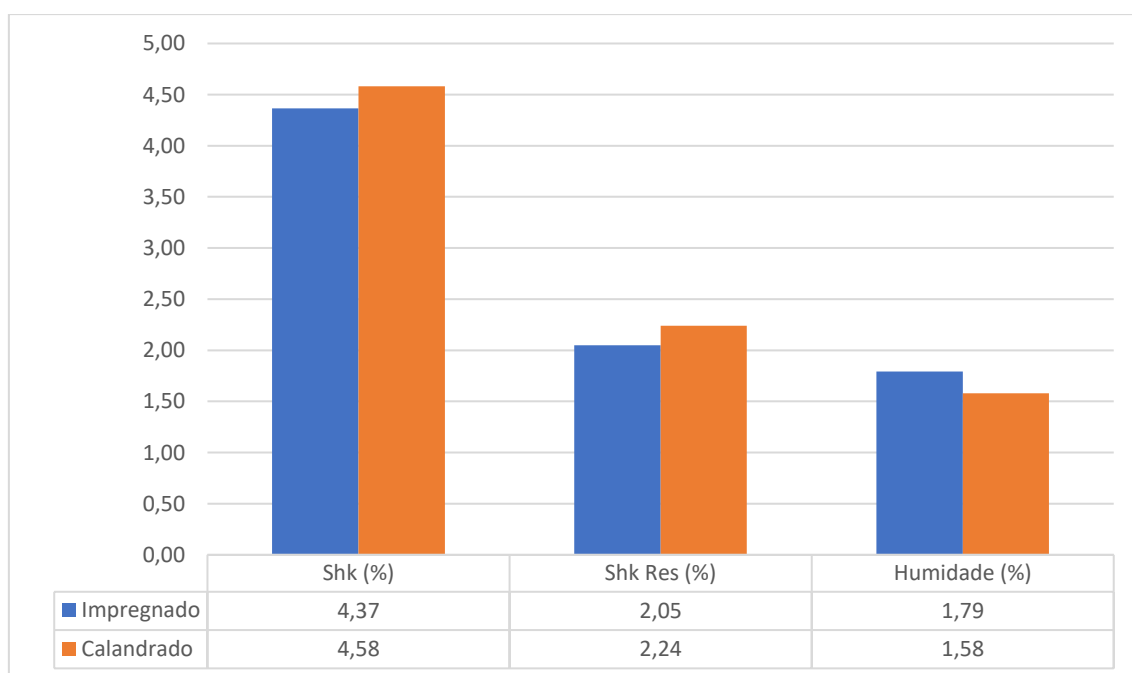


Figura 4.6- Representação gráfica do shrinkage, shrinkage residual e humidade do nylon 2, com target especificado para o impregnado e as médias obtidas para impregnado e calandrado

Através da figura 4.6, observam-se os valores dos targets e as médias do tecido impregnado e calandrado, para o shrinkage, shrinkage residual e humidade. Constatase que os valores obtidos para o impregnado são menores que os targets, no shrinkage e shrinkage residual. Contudo, as médias obtidas para material calandrado são superiores quando comparadas com as médias do impregnado. A justificação recai sobre o mesmo motivo já referido para o shrinkage force. Relativamente à humidade a

média do material calandrado é menor que a do tecido impregnado. O motivo deste diferencial pode ser a presença de pequenas partículas de borracha envolvendo a corda.

4.2.4 Análises dos coeficientes de correlação linear

O estudo de correlações foi dividido, novamente, em três passos: correlações entre os métodos que se destinam ao tecido impregnado; correlações entre os métodos para o material calandrado; estudo de correlações entre os métodos comuns, para verificar a relação entre os resultados.

Em relação ao estudo de correlações do tecido impregnado, todos os dados obtidos encontram-se na tabela B.4, do anexo B. A partir desses dados conclui-se que:

- Nas propriedades físicas, dentro dos diversos parâmetros analisados, destaca-se a percentagem de alongamento com uma correlação moderada a forte, quando comparada com os restantes parâmetros; observa-se que as forças registadas a diferentes percentagens de alongamento, apresentam uma correlação muito forte. No entanto, isto acontece quando se interceta na tabela B.4, os parâmetros das forças correspondentes a alongamento sucessivos.
- No peel test, as correlações encontram-se todas no nível de muito fracas ou fracas. Uma justificação para a falta de correlação, poderá ser o facto de ser um teste onde a amostra já se encontra vulcanizada;
- O shrinkage force apresenta uma correlação forte com o shrinkage force residual; observa-se também uma correlação inversa moderada, entre o shrinkage force e force residual com a percentagem de alongamento. Destaca-se também que shrinkage force contém uma correlação moderada com a força a diferentes percentagens de alongamento;
- Entre o shrinkage e shrinkage residual, verifica-se uma correlação muito forte.
- Destaca-se a correlação moderada entre a espessura e o peso da corda, o que já seria de esperar, pois o peso está relacionado com a espessura. Todavia, as correlações entre os restantes métodos são classificadas entre fracas a muito fracas.
- Por último, a humidade e o twist apresentam correlações muito fracas a fracas, com os restantes métodos;

Em relação ao estudo de correlações do tecido calandrado, todos os dados obtidos encontram-se na tabela B.5, do anexo B. A partir desses dados conclui-se que:

- Nas propriedades físicas, observa-se que a percentagem de alongamento apresenta correlações negativas moderadas a fortes, com a força a diferentes percentagens de alongamento. E uma correlação moderada com a força de rotura. Verifica-se que a correlação é forte, com o aumento da percentagem de alongamento, quando a comparação é relativa a percentagens de alongamento sucessível, assim como se constatou no tecido impregnado.
- No peel test, novamente verifica-se que as suas correlações com os restantes métodos são muito fracas a fracas, positiva ou negativa.
- No shrinkage force, observa-se que a correlação existente com o shrinkage force residual é muito forte; o mesmo acontece com o shrinkage com shrinkage residual. Salienta-se também as correlações moderadas com a força a diferentes percentagens de alongamento.
- O tackiness, o stickiness e a adesividade, são parâmetros semelhantes, que obedecem à mesma base teórica. Mas constata-se que o tackiness apresenta uma correlação fraca com o stickiness e uma correlação inversa muito fraca com a adesividade. O stickiness sendo um método igual ao executado na adesividade, diferem apenas no equipamento utilizado, apresentam uma correlação fraca.
- A espessura e square meter weight expressão uma correlação moderada, o que seria de esperar, pois a espessura da corda está diretamente relacionada com o peso.
- Por último, o green adhesion apresenta uma correlação moderada com a espessura e o square meter weight.

Para concluir, realizou-se o estudo de correlações entre os métodos em comum. Os resultados encontram-se presentes na tabela 4.8, e são obtidos através da tabela B.6, do anexo B.

Através da análise da tabela 4.8, conclui-se que todas as correlações obtidas entre os resultados para cada método, antes e após calandragem, encontram-se num nível de correlações muito fracas a fracas.

Tabela 4.8- Correlações obtidas com os resultados dos métodos em comum para o nylon 2

Antes e após calandragem	
Método	Correlação linear
Porcentagem de alongamento	0,307
Força rotura	-0,050
Força a 2% alongamento	0,330
Força a 4% alongamento	0,298
Força a 8% alongamento	0,240
Força a 12% alongamento	0,195
Peel test	-0,018
Shrinkage force	0,084
Shrinkage force residual	0,220
Shrinkage	-0,001
Shrinkage residual	0,011
Humidade	0,156

4.3 Comparação entre Nylon 1 e 2

Como já foi referido, o nylon 1 é um material utilizado nas Capstrip e o nylon 2 nas calandras. Estes tecidos possuem as mesmas características, apenas diferem na forma, ou seja, o nylon 1 é rececionado em bobines e o nylon 2 em rolos. Pois nas bobines as análises são realizadas sempre à mesma corda, enquanto que nos rolos as análises são realizadas a um conjunto de cordas e apesar de cada corda apresentar características muito semelhantes, não são iguais.

Como os materiais são iguais, mas sofrem processos distintos, é possível verificar que diferenças existem entre os dois processos.

A comparação teve em conta as médias obtidas e para o impregnado dos dois tecidos e para cappy e calandrado.

4.3.1 Impregnado:

Na figura 4.7, encontra-se a representação gráfica da média dos parâmetros analisados nas propriedades físicas, em cada material impregnado.

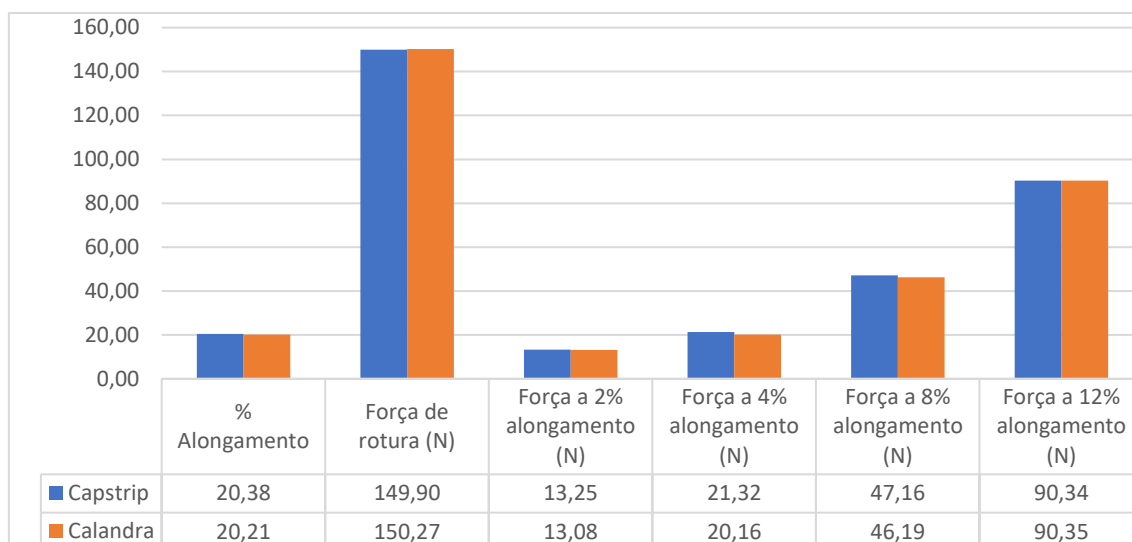


Figura 4.7- Representação gráfica dos parâmetros das propriedades físicas do nylon 1 e 2, com as médias obtidas para impregnado

Através da análise da figura 4.7, observa-se que as médias obtidas para o material utilizado na calandra é inferior em quase todos os parâmetros das propriedades físicas, face ao material utilizado na capstrip, com a exceção na força de rotura e na força a 12% de alongamento são praticamente iguais.

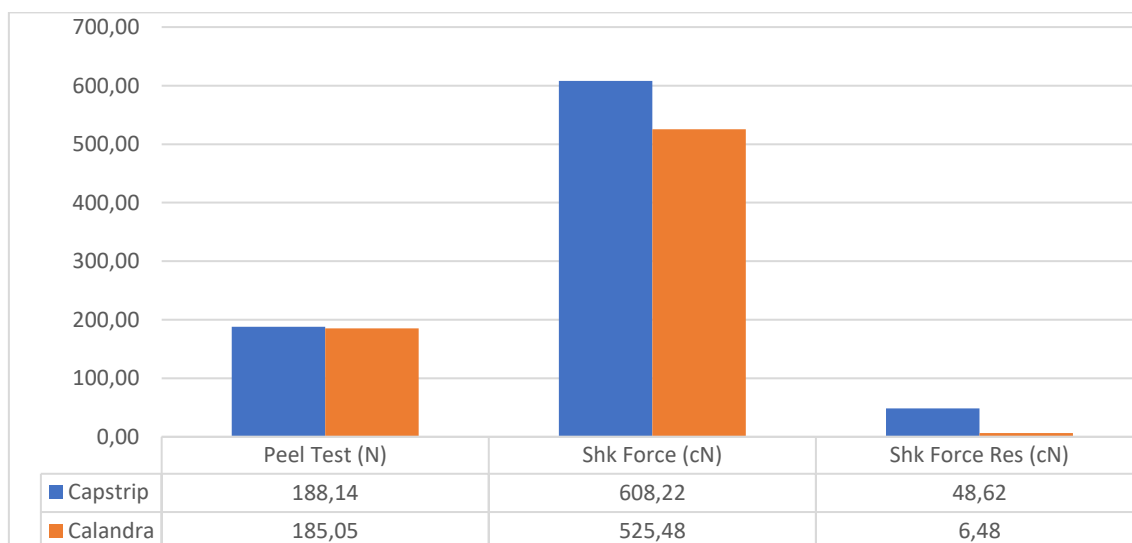


Figura 4.8- Representação gráfica dos parâmetros do peel test, shrinkage force e shrinkage force residual para o nylon 1 e 2, com as médias obtidas para o impregnado

Na figura 4.8 observa-se a comparação dos métodos peel test, shrinkage force e force residual.

No peel test, constata-se que não existe uma diferença significativa entre os dois processos.

No shrinkage force e force residual, observa-se que a média obtida para o material utilizado na calandra é muito menor. Uma possível justificação para este facto, é o modo de fabrico do tecido, pois o nylon 1 corresponde a corda e o nylon 2 a tela.

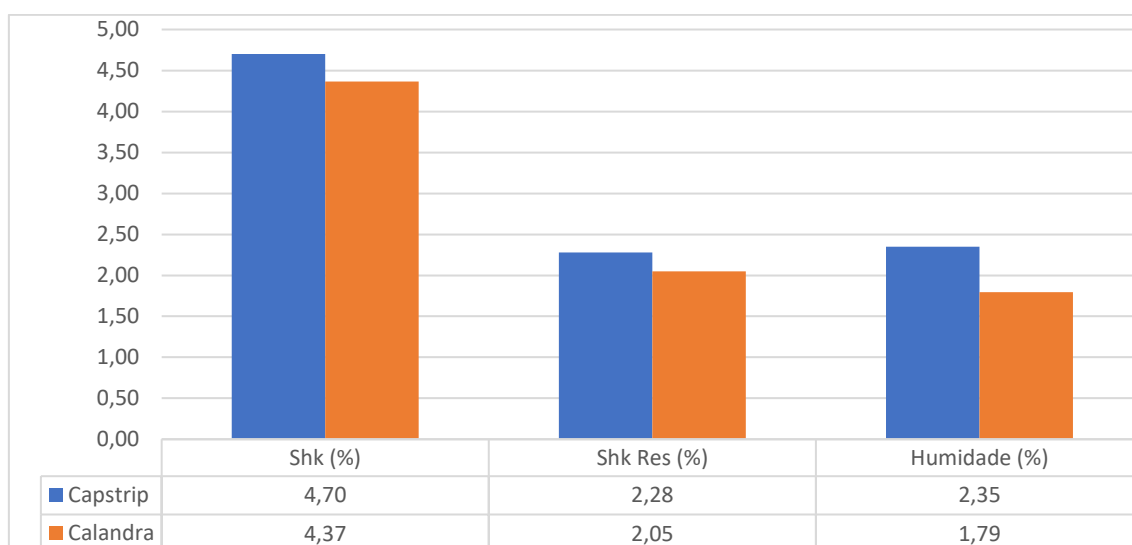


Figura 4.9- Representação gráfica do shrinkage, shrinkage residual e humidade para o nylon 1 e 2, com as médias obtidas para o impregnado

Na figura 4.9, encontram-se as médias obtidas para o shrinkage, shrinkage residual e a humidade.

Tal como acontece no shrinkage force, verifica-se que a média do shrinkage e shrinkage residual do material da calandra é inferior à do material das Capstrip, pelos mesmo motivos.

Por último, a humidade é superior para o material destinado às Capstrip, devido à preparação da amostra ser diferente. Como o tecido para as Capstrip é em bobines, para preparar o provete, é necessário enrolar uma quantidade de tecido. O enrolamento, é feito manualmente e com o auxílio de luvas de algodão, de modo a reduzir a contaminação da amostra, não sendo totalmente eficiente. Enquanto a preparação da amostra do tecido destinado à calandra é em tela, basta por isso retirar um conjunto de cordas, havendo assim menor contato com a luva.

4.3.2 Após processo:

Na figura 4.10, encontra-se a representação gráfica da média dos parâmetros analisados nas propriedades físicas, relativo a cada material após processo.

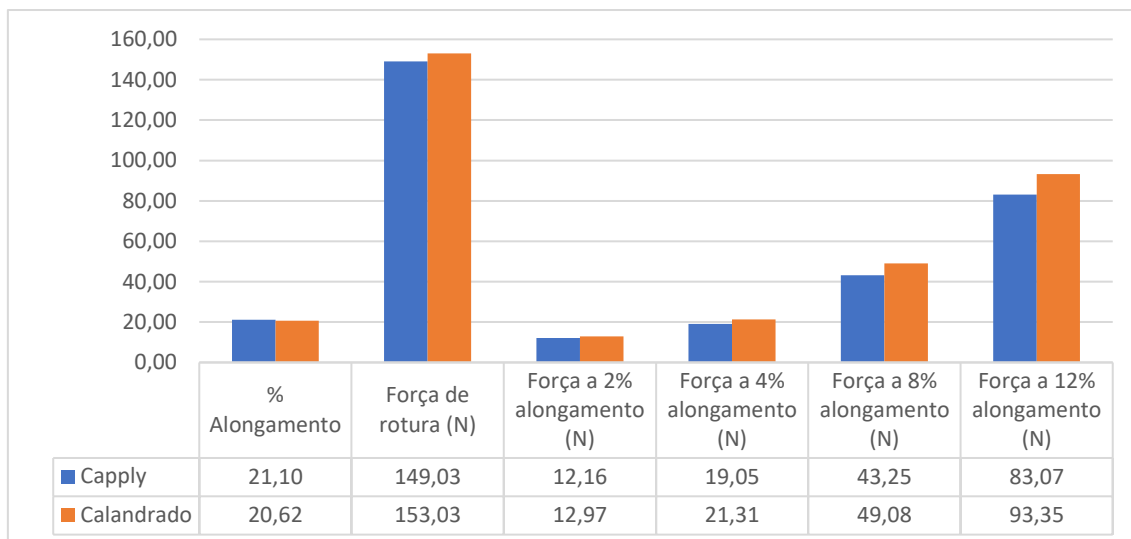


Figura 4.10- Representação gráfica dos parâmetros das propriedades físicas do nylon 1 e 2, com as médias obtidas para o material após processamento

Analisando a figura 4.10, observa-se que no material calandrado apenas a percentagem de alongamento é menor face ao capply, os restantes parâmetros são superiores. É de salientar que as maiores diferenças se encontram na força a 8 e 12% de alongamento.

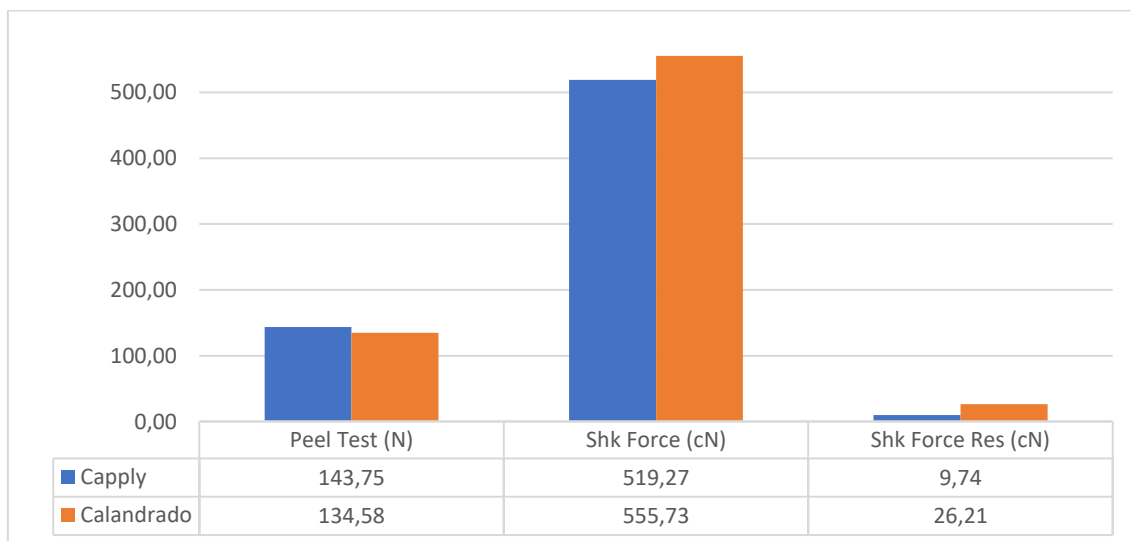


Figura 4.11- Representação gráfica dos parâmetros do peel test, shrinkage force e shrinkage force residual para o nylon 1 e 2, com as médias obtidas para o material após processamento

Analisando a figura 4.11, observa-se que no peel test os valores após processamento, continuam semelhantes. Enquanto o shrinkage force e force residual, verifica-se o oposto face à comparação entre impregnados. Ou seja, o material calandrado apresenta uma média superior comparativamente com o capply.

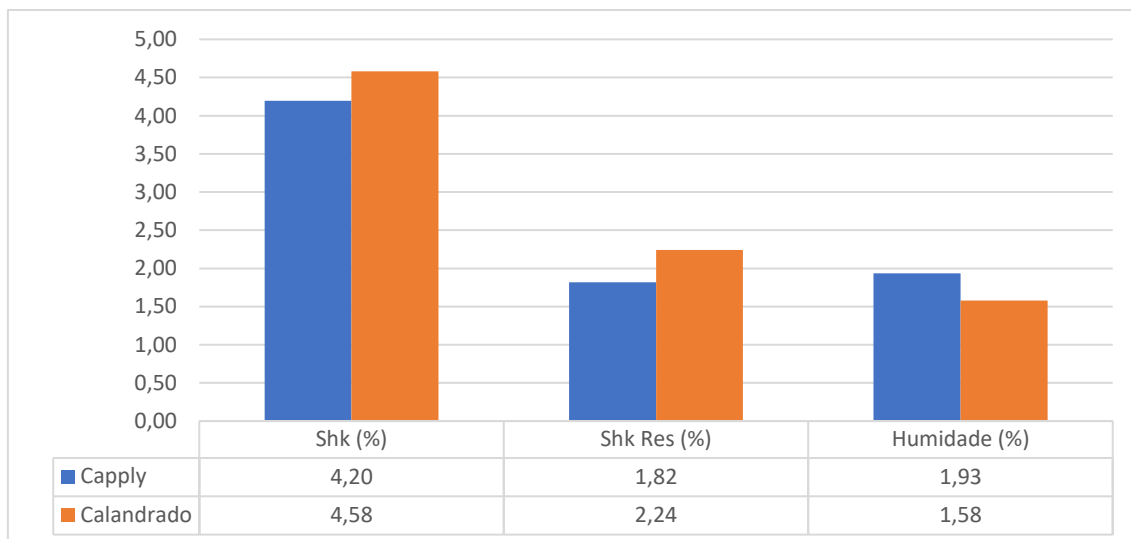


Figura 4.12- Representação gráfica do shrinkage, shrinkage residual e humidade para o nylon 1 e 2, com as médias obtidas para o material após processamento

Analisando a figura 4.12, observa-se que o shrinkage e shrinkage residual, são novamente o oposto face à comparação entre impregnados. Ou seja, o material calandrado apresenta uma média superior comparativamente com o capply.

A humidade do tecido presente no capply apresenta uma média superior ao calandrado, pelos mesmos motivos já apresentados na comparação entre impregnados.

Conclui-se que o capply apresenta resultados menores quando comparado com o material calandrado, nas propriedades físicas e nos quatro parâmetros de shrinkage. Isto indica, mais uma vez, que o processo provoca alterações no material. Verifica-se que o processo de Capstrip provoca maiores alterações que o processo de calandragem, neste material em específico.

Esta etapa do projeto ainda não foi realizada, logo a comparação do capply com material calandrado, é a única comparação possível de se realizar aos dois equipamentos.

4.4 Poliéster 1

Tal como acontece no nylon 2, o poliéster 1 também é utilizado nas Calandras. A recolha das amostras seguiu o procedimento apresentado no capítulo 3, secção 3.2.

4.4.1 Tecido impregnado- Especificações e Valores obtidos

Tal como os tecidos anteriores, o poliéster 1 também possui especificações contudo não podem ser apresentadas.

Relativamente ao tecido impregnado, obteve-se a média e o desvio padrão de cada método e procedeu-se ao cálculo dos limites superior e inferior, presentes na tabela 4.9.

Analisando comparativamente os limites especificados com os limites encontrados, concluiu-se que:

- Nas propriedades físicas, todos os resultados em todos os parâmetros analisados, encontram-se compreendidos no intervalo especificado; na percentagem de alongamento a média é muito semelhante ao target; na força de rotura os resultados encontram-se compreendidos entre o limite inferior e o target; nas percentagens de alongamento a diferentes forças constata-se que os resultados se encontram compreendidos entre o target e o limite superior. Verifica-se que todas as especificações são cumpridas, mas com possível redução do intervalo, uma vez que, todos os intervalos obtidos são mais restritos que o intervalo especificado.
- No shrinkage todos os valores encontram-se dentro dos limites especificados, com os limites obtidos muito próximos dos especificados. O shrinkage residual não contém especificação, mas os limites obtidos são bastante apertados. Sugere-se a criação de especificação para este parâmetro.
- No shrinkage force contém apenas limite inferior e target especificado. Observa-se na representação que todos os resultados estão compreendidos no intervalo especificado. Com tudo, os limites obtidos possibilitam a criação de um limite superior e um ajuste de especificação.
- A humidade apresenta valores relativamente baixos, e sugere-se a criação de um limite superior.
- Na espessura, todos os resultados encontram-se dentro da especificação, contudo observa-se uma tendência, com a exceção de cinco amostras.
- O twist apresenta maior dispersão dos valores, contudo dentro dos limites especificados.
- Por último, no peso da corda verifica-se que os valores são bastante consistentes, com uma redução possível no intervalo especificado.

4.4.2 Comparação dos valores obtidos antes e após calandragem

Na tabela 4.10 encontram-se os valores das médias obtidas para cada método destinado ao material calandrado, o respetivo desvio padrão e os limites obtidos.

Analisando as diferenças entre os limites encontrados nas tabelas 4.9 e 4.10, conclui-se que:

- Nas propriedades físicas os resultados do material calandrado são superiores, comparativamente ao impregnado. Contudo verifica-se que a percentagem de alongamento e a força de rotura apresentam menor intervalo face aos limites obtidos para o impregnado. Os restantes parâmetros apresentam intervalos superiores aos intervalos do impregnado.
- No peel test, como esperado os valores do material calandrado são inferiores face ao impregnado, pelos mesmos motivos apresentados nos tecidos anteriores.
- No shrinkage e shrinkage residual os valores encontram-se na mesma ordem de grandeza, mas com maior discrepância, logo o intervalo proveniente dos limites, é bastante superior, sensivelmente o dobro.
- No shrinkage force acontece o mesmo que no shrinkage. Todavia, no shrinkage force residual apresenta um intervalo ligeiramente menor, face ao impregnado. Mas com ordem de grandeza bastante diferente do impregnado.
- A humidade também possui um intervalo superior, face ao impregnado.
- Por último, o EPDM, método destinado apenas ao material calandrado e apresenta especificação. Observa-se que todos os resultados são superiores ao valor especificado, pois ao cortar o 1dm^2 pode haver algum engano ou ser provocado pelo processo com cordas sobrepostas, o que aumenta assim o número de cordas por dm^2 .

4.4.3 Comparação dos valores médios obtidos, antes e após calandragem

A figura 4.13 apresenta os parâmetros das propriedades físicas, os targets das especificações do tecido impregnado e as médias dos valores obtidos para o tecido antes e após calandragem.

Tabela 4.9- Dados obtidos para o Poliéster 1 impregnado, para os diversos ensaios, com os respectivos limites obtidos

Impregnado						
Método		Unidade	Média	Desvio padrão	Limite superior	Limite inferior
PF	% Alongamento	%	17,07	0,64	18,98	15,15
	Força de rotura	N	191,37	2,31	198,30	184,43
	Alongamento a 45N	N	3,46	0,07	3,68	3,24
	Alongamento a 90N	N	7,83	0,14	8,24	7,42
	Alongamento a 135N	N	11,32	0,20	11,92	10,73
Peel Test		N	220,68	7,59	243,45	197,91
Shrinkage		%	2,06	0,08	2,30	1,83
Shrinkage Residual		%	1,85	0,08	2,08	1,62
Shrinkage Force		Cn	341,82	12,43	379,11	304,53
Shrinkage Force Residual		Cn	71,87	6,06	90,05	53,69
Humidade		% água perdida	0,39	0,17	0,89	0,00
Espessura		Mm	0,60	0,02	0,67	0,53
Twist S		Torções/m	373,99	5,46	390,37	357,61
Twist Z		Torções/m	376,13	3,50	386,64	365,62
Peso da corda		g/100m	33,09	0,16	33,58	32,60

Tabela 4.10- Dados obtidos para o Poliéster 1 calandrado, para os diversos ensaios, com os respectivos limites obtidos

Calandrado						
Método		Unidade	Média	Desvio padrão	Limite superior	Limite inferior
PF	% Alongamento	%	18,34	0,51	19,87	16,81
	Força de rotura	N	193,80	2,25	200,55	187,05
	Alongamento a 45N	N	4,19	0,21	4,81	3,56
	Alongamento a 90N	N	8,63	0,25	9,38	7,88
	Alongamento a 135N	N	12,13	0,28	12,98	11,28
Peel Test		N	177,18	13,63	218,09	136,28
Shrinkage		%	1,74	0,20	2,33	1,14
Shrinkage Residual		%	1,45	0,20	2,06	0,84
Shrinkage Force		Cn	179,31	24,04	251,43	107,18
Shrinkage Force Residual		Cn	24,58	5,02	39,64	9,52
Humidade		% água perdida	0,54	0,23	1,23	-0,14
Espessura		Mm	1,15	0,02	1,22	1,08
Green Adhesion		N	63,40	3,80	74,81	51,99
Adesividade		N	16,10	1,44	20,42	11,78
Tackiness		N	84,97	8,43	110,26	59,68
Stickiness		N	18,68	3,79	30,04	7,32
Square meter weight		g/dm ²	13,26	0,33	14,26	12,25

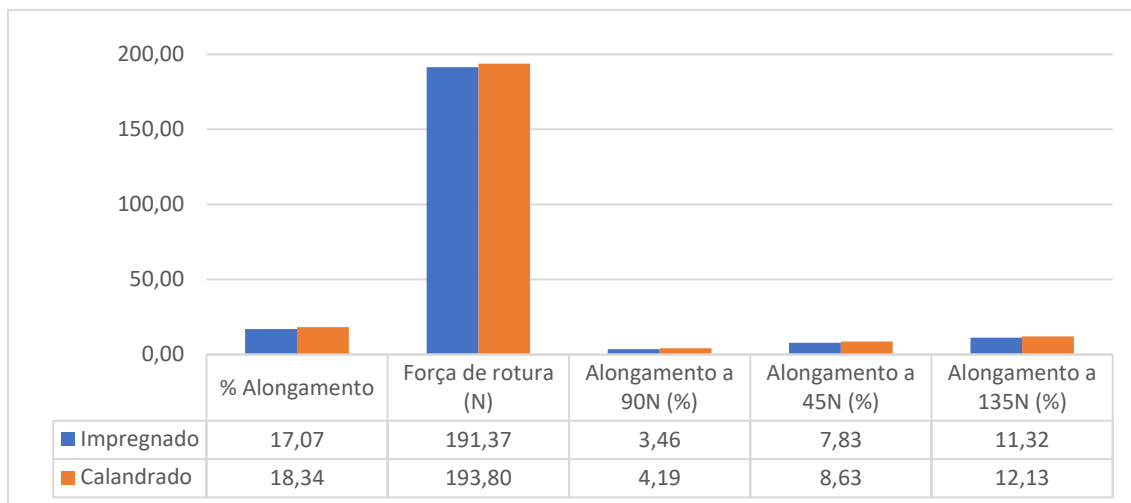


Figura 4.13- Representação gráfica dos parâmetros das propriedades físicas do poliéster 1, com target especificado para o impregnado e as médias obtidas para impregnado e calandrado

Analisando a figura 4.13, verifica-se que todos os parâmetros apresentam targets. Comparando os targets com as médias obtidas para o tecido impregnado, concluiu-se que, na percentagem de alongamento a diferença entre médias é insignificante. Na força de rotura a média do impregnado é ligeiramente inferior ao target, e na percentagem de alongamento a diferentes forças, todas as médias obtidas para o impregnado são superiores ao target.

Comparando os valores do impregnado com os do calandrado, observa-se que todas as médias do calandrado são superiores às do impregnado. Isto indica que o processo tem influência sobre o material. O facto de percentagem de alongamento a diferentes forças ser maior no calandrado, está diretamente relacionado com a percentagem de alongamento na rotura, logo esta é superior. Uma vez que a percentagem de alongamento na rotura é superior face ao impregnado, a força de rotura por sua vez, também é superior, pois alonga mais.

Na figura 4.14 encontra-se a comparação entre as médias obtidas antes e após processo, para os métodos peel test, shrinkage force e shrinkage force residual. Observa-se que a média do calandrado é bastante inferior à média do tecido impregnado no peel test e bastante superior no shrinkage force e force residual.

No caso do peel test, essa diferença é originada pelas mesmas causas já apresentados nos tecidos anteriores.

No caso do shrinkage force este possui target e verifica-se que a média obtida para o impregnado é bastante superior ao target. Todavia o calandrado é sensivelmente metade quando comparado com o impregnado.

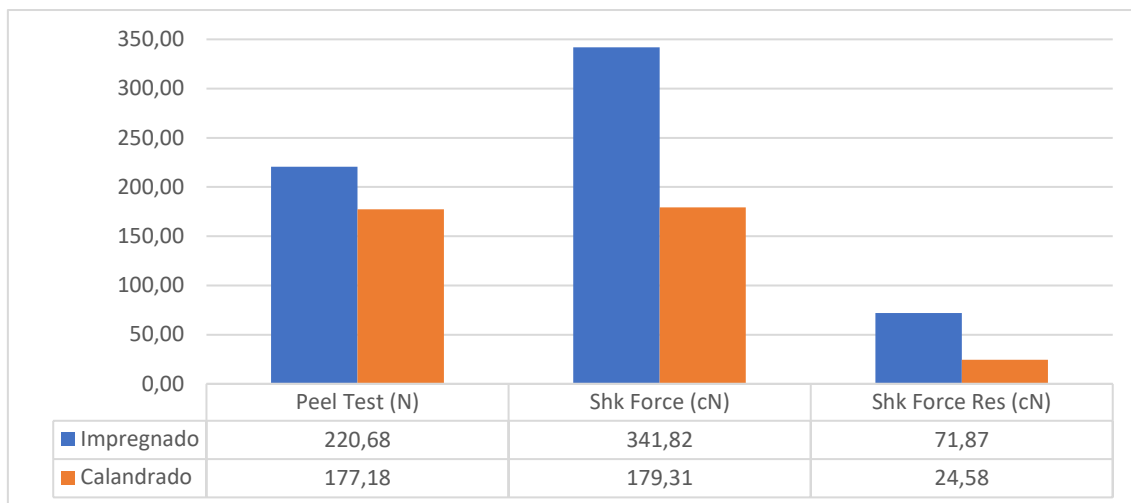


Figura 4.14- Representação gráfica dos parâmetros do peel test, shrinkage force e shrinkage force residual do poliéster 1, contendo as médias obtidas para impregnado e calandrado

Enquanto o shrinkage force residual, verifica-se que a média do calandrado é bastante inferior ao impregnado pelas possíveis variações provocadas pelo processo, ou seja, o tecido sofre aquecimento, arrefecimento e pressões.

Na figura 4.15 apresenta-se os resultados médios obtidos para o shrinkage, shrinkage residual e humidade.

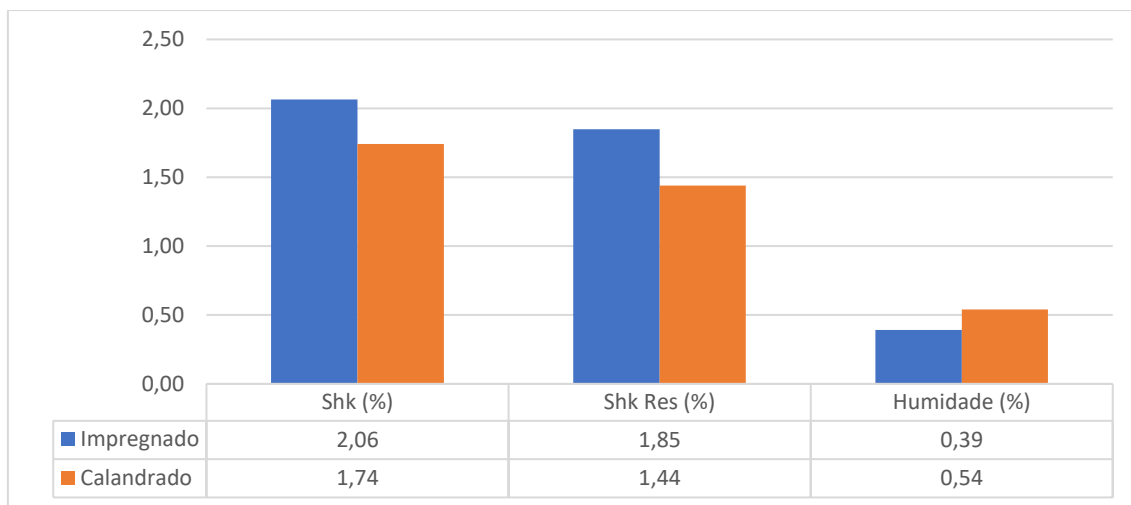


Figura 4.15- Representação gráfica do shrinkage, shrinkage residual e humidade do nylon 1, com target especificado para o impregnado e as médias obtidas para impregnado e calandrado

Através da figura 4.15, constata-se que a média obtida para o impregnado no shrinkage é ligeiramente menor ao target. Contudo, as médias obtidas para material calandrado são inferiores, exceto na humidade que é superior, quando comparado com as médias do impregnado. A justificação recai sobre o mesmo motivo já referido para o shrinkage force. Relativamente à humidade a média do material calandrado é superior que a do tecido impregnado, mas através da análise gráfica presente no anexo C,

constata-se que existe uma maior variação. O motivo para tal é a presença de pequenas partículas de borracha envolvendo a corda.

4.4.4 Análises dos coeficientes de correlação linear

O estudo de correlações foi dividido, novamente, em três passos, como nas análises anteriores.

Em relação ao estudo de correlações do tecido impregnado, todos os dados obtidos encontram-se na tabela B.7, do anexo B. A partir desses dados conclui-se que:

- Nas propriedades físicas, dentro dos diversos parâmetros analisados, destaca-se a percentagem de alongamento com uma correlação moderada, quando comparada com os restantes parâmetros; observa-se que a percentagem de alongamento a diferentes forças, apresentam uma correlação muito forte.
- No peel test, as correlações encontram-se todas no nível de muito fracas ou fracas.
- O shrinkage force apresenta uma correlação forte com o shrinkage force residual; observa-se também uma correlação inversa moderada, entre o shrinkage force e force residual com a percentagem de alongamento a diferentes forças.
- Entre o shrinkage e shrinkage residual, verifica-se uma correlação muito forte. E uma correlação moderada entre estes e o shrinkage force.
- Destaca-se a correlação moderada entre o twist em S e Z.
- Por último, a humidade e a espessura e o peso da corda apresentam correlações muito fracas a fracas, com os restantes métodos; mais uma vez, não se pode retirar muitas conclusões dos métodos indicados apenas ao impregnado.

Em relação ao estudo de correlações do tecido calandrado, todos os dados obtidos encontram-se na tabela B.8, do anexo B. A partir desses dados conclui-se que:

- Nas propriedades físicas, observa-se que na percentagem de alongamento apresenta correlações moderadas, com os restantes parâmetros do método. Verifica-se que a correlação é forte, entre a percentagem de alongamento a diferentes forças, quando comparadas entre si. No entanto, isto acontece quando se interceta na tabela B.1, os parâmetros das forças correspondentes a alongamento sucessíveis.

- No peel test, novamente verifica-se que as suas correlações com os restantes métodos são muito fracas a fracas, positiva ou negativa. Com a exceção da correlação moderada com a humidade e com a força de rotura.
- No shrinkage force, observa-se que a correlação existente com o shrinkage force residual é moderada; o mesmo acontece com o shrinkage com shrinkage residual. Salienta-se também as correlações negativas moderadas a fortes com a percentagem de alongamento a diferentes forças. Observa-se também que o shrinkage e o shrinkage residual apresenta uma correlação muito forte.
- O tackiness, o stickiness e a adesividade, são parâmetros semelhantes, que obedecem à mesma base teórica. Mas constata-se que o tackiness apresenta uma correlação muito fraca com o stickiness e uma correlação fraca com a adesividade. O stickiness sendo um método igual ao executado na adesividade, diferem apenas no equipamento utilizado, apresentam uma correlação muito fraca.
- A espessura e square meter weight expressão uma correlação moderada, mas muito próxima da correlação forte, pois a espessura da corda está diretamente relacionada com o peso.
- Por último, o green adhesion apresenta correlações muito fracas com os restantes métodos.

Para concluir, realizou-se o estudo de correlações entre os métodos em comum, os resultados encontram-se presentes na tabela 4.11, os resultados, advêm da tabela B.9, do anexo B.

Através da análise da tabela 4.11, conclui-se que todas as correlações obtidas entre os resultados antes e após processo para cada método, encontram-se num nível de correlações muito fracas a fracas. Com a exceção do peel test que apresenta uma correlação moderada. Salienta-se também que maior parte das correlações encontradas são correlação negativas.

Seria necessário investigar, outros meios de análise, para compreender ainda melhor o material com o processo, pois as variações que o processo provoca não são lineares.

Tabela 4.11- Correlações obtidas com os resultados dos métodos em comum para o poliéster 1

Antes e após processamento	
Método	Correlação linear
Percentagem de alongamento	0,111
Força rotura	-0,145
% de alongamento a 45N	-0,265
% de alongamento a 90N	-0,253
% de alongamento a 135N	-0,197
Peel test	0,530
Shrinkage force	-0,234
Shrinkage force residual	-0,316
Shrinkage	-0,140
Shrinkage residual	-0,075
Humidade	0,065

4.5 Rayon 1

Tal como acontece no poliéster 1, o rayon 1 também é utilizado nas Calandras. A recolha das amostras segue o procedimento apresentado no capítulo 3, secção 3.2.

4.5.1 Tecido impregnado- Especificações e Valores obtidos

O rayon 1 também possui algumas especificações impostas pela Continental “mãe” para o tecido impregnado, contudo não foi possível apresentar.

Relativamente ao tecido impregnado, obteve-se a média e o desvio padrão de cada método e procedeu-se ao cálculo dos limites superior e inferior, presentes na tabela 4.12.

Fazendo uma avaliação comprando os limites especificados e os limites encontrados, concluiu-se que:

- Nas propriedades físicas apenas dois parâmetros contêm especificação, sendo estes a força de rotura e a percentagem de alongamento a 45N. A força de rotura apresenta especificado apenas o limite inferior e o target, contudo todos os resultados são superiores ao target. Sugere-se um ajuste da especificação ou que seja criado o limite superior com base na diferença entre o limite inferior e o target.

- Na percentagem de alongamento a 45N, todos os resultados encontram-se dentro da especificação e ligeiramente acima do target. Com os limites obtidos é possível um ajuste, visto que se obteve uma pequena variação entre resultados.
- No peel test todos os resultados encontram-se bem acima do limite inferior.
- A humidade até à amostra 7 foi descartada, pois o rayon é um material que é muito influenciado pela humidade. Visto que na realização deste ensaio estava a cometer-se um erro, foi necessário desprezar esses valores. Uma vez que, as amostras já tinham ido para o lixo, não foi possível repetir com o processo correto. Logo só foram consideradas as amostras a partir da amostra 8.
- A espessura encontra-se dentro dos limites especificados, contudo os limites obtidos são ligeiramente superiores.
- O twist em S apresenta todos os resultados dentro dos limites especificados, observando-se que os limites obtidos são menores que os especificados. No twist em Z existiram 6 amostras com valores superiores ao limite superior, contudo os limites obtidos encontram-se deslocados em relação à especificação.
- Por último, o peso da corda encontra-se dentro dos limites e com possível ajuste.

4.5.2 Comparação dos valores obtidos antes e após calandragem

Na tabela 4.13, encontram-se os valores das médias obtidas para cada método destinado ao material calandrado, o respetivo desvio padrão e os limites obtidos.

As diferenças entre os limites encontrados na tabela 4.12 e 4.13, concluiu-se que:

- Nas propriedades físicas apenas a percentagem de alongamento apresenta um intervalo ligeiramente menor quando comparado o intervalo do material calandrado com o do impregnado. Realizando a mesma comparação aos restantes parâmetros observa-se um intervalo maior para o material calandrado. Verifica-se que a percentagem de alongamento a diferentes forças apresenta maior discrepância de resultados e ligeiramente superiores, face ao impregnado.

- O peel test é novamente inferior ao impregnado e próximo do limite inferior. A justificação é novamente a mesma que nos outros tecidos.
- A humidade é inferior à do tecido impregnado. Uma vez que, o limite inferior obtido para o material calandrado é negativo, este será desprezado e considera-se o limite inferior igual a zero. Logo apresenta um intervalo inferior quando comparado com o impregnado.
- Por último, o EPDM apresenta especificação e observa-se que a maior parte dos resultados é superior ao especificado, pois no corte manual do 1dm², está sujeito a erros de marcação ou pode ser provocado pelo processo, onde as cordas se encontram sobrepostas, o que aumenta assim o número de cordas por dm².

Tabela 4.12- Dados obtidos para o Rayon 1 impregnado, para os diversos ensaios, com os respetivos limites obtidos

Impregnado						
Método		Unidade	Média	Desvio padrão	Limite superior	Limite inferior
PF	% Alongamento	%	12,93	0,52	14,49	11,37
	Força de rotura	N	175,60	2,93	184,39	166,81
	Alongamento a 45N	N	1,70	0,05	1,85	1,54
	Alongamento a 90N	N	4,01	0,16	4,48	3,54
	Alongamento a 135N	N	8,53	0,34	9,57	7,50
Peel Test		N	205,97	13,71	247,10	164,83
Humidade		% água perdida	3,45	0,84	5,97	0,93
Espessura		mm	0,70	0,01	0,74	0,67
Twist S		Torções/m	412,35	5,43	428,66	396,05
Twist Z		Torções/m	423,90	6,95	444,76	403,04
Peso da corda		g/100m	38,49	0,38	39,63	37,35

Tabela 4.13- Dados obtidos para o rayon 1 calandrado, para os diversos ensaios, com os respectivos limites obtidos

Calandrado						
Método		Unidade	Média	Desvio padrão	Limite superior	Limite inferior
PF	% Alongamento	%	13,16	0,52	14,70	11,61
	Força de rotura	N	176,60	3,12	185,97	167,23
	Alongamento a 45N	N	1,97	0,14	2,38	1,56
	Alongamento a 90N	N	4,25	0,25	5,00	3,50
	Alongamento a 135N	N	8,40	0,43	9,69	7,11
Peel Test		N	170,90	14,81	215,32	126,48
Humidade		% água perdida	1,50	0,57	3,21	0,00
Espessura		Mm	1,15	0,02	1,21	1,09
Green Adhesion		N	73,90	7,03	94,99	52,81
Adesividade		N	15,41	2,38	22,56	8,25
Tackiness		N	85,80	13,18	125,34	46,27
Stickiness		N	17,51	3,88	29,14	5,89
Square meter		g/dm ²	13,29	0,20	13,88	12,69
EPDM		Número de cordas/dm ²	112,07	1,62	116,92	107,21

4.5.3 Comparação dos valores médios obtidos, antes e após calandragem

Ao contrário dos restantes tecidos, a comparação do rayon 1 foi feita apenas em duas representações gráficas, uma relativa aos parâmetros medidos em percentagem e outra para os parâmetros medidos em força. Esta separação deve-se pelos valores baixos nos parâmetros de percentagem de alongamento a diferentes forças, ao ser introduzido a força de rotura, não seria perceptível as diferenças entre impregnado e calandrado nesses parâmetros.

A figura 4.16 apresenta os parâmetros medidos em percentagem, os targets das especificações do tecido impregnado e as médias dos valores obtidos para o tecido

antes e após processo. A representação gráfica inclui uma tabela com os valores que permitiram a sua construção, para uma melhor análise das variações obtidas.

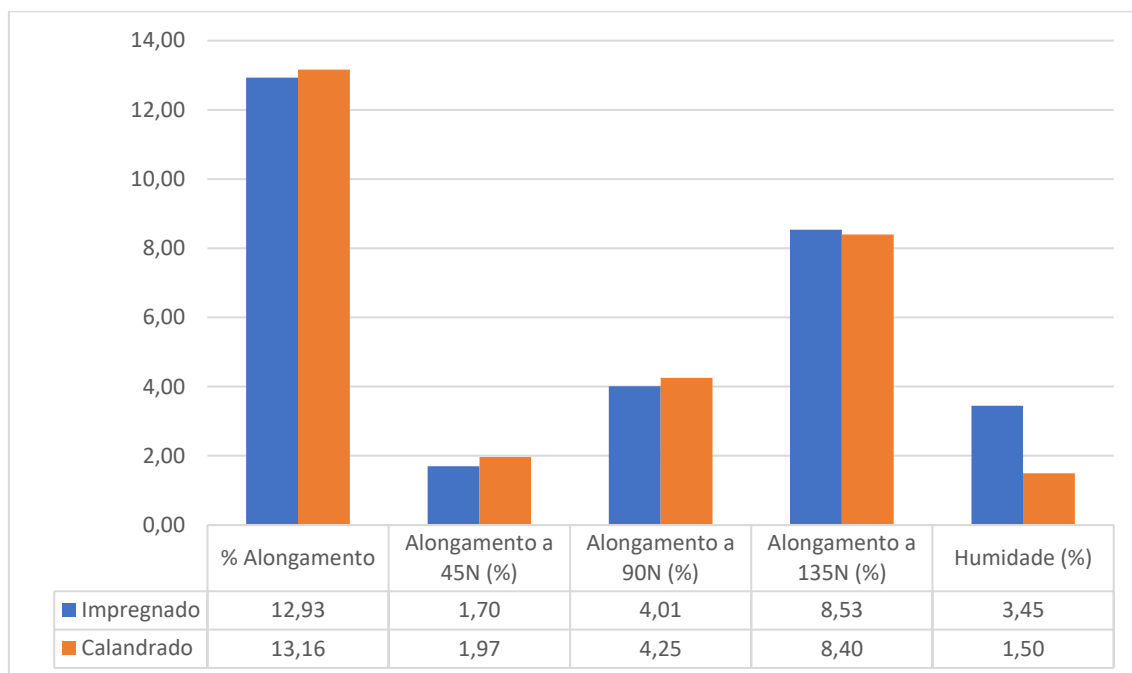


Figura 4.16- Representação gráfica de alguns parâmetros das propriedades físicas e humidade do Rayon 1, com target especificado para o impregnado e as médias obtidas para impregnado e calandrado

Através da análise da figura 4.16, observa-se que quase todas as médias dos parâmetros são superiores às médias do impregnado, exceto nos parâmetros de percentagem de alongamento a 135 N e de humidade.

Na percentagem de alongamento a 135 N a média do calandrado é inferior à do impregnado, pois o material adere bastante à borracha. Ao retirar a corda da borracha, verifica-se que a corda contém maiores quantidades de borracha, que os restantes tecidos. Analisando a curva característica, observa-se que quando o tecido contém muita borracha a 135 N apresenta um declive superior, logo terá menor alongamento, pois a borracha presente no tecido encontra-se a absorver parte da força aplicada. A 45 N e a 90 N o declive da curva característica é inferior, o que corresponde a uma percentagem de alongamento maior.

A humidade do calandrado apresenta uma média inferior, relativamente ao impregnado, isto acontece devido à aderência do tecido à borracha. Uma vez que, ao retirar o tecido fica com partículas de borracha em toda a corda, isto irá criar uma barreira que impedirá a água de sair da corda, logo o valor de percentagem de água perdida será menor.

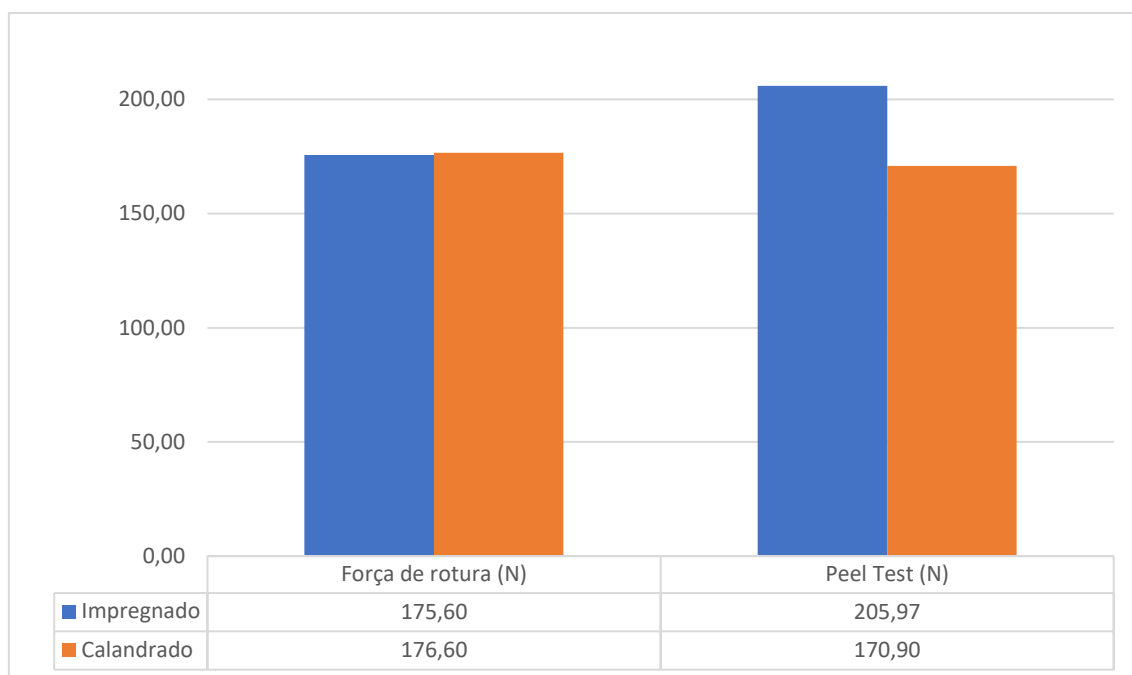


Figura 4.17- Representação gráfica da força de rotura e peel test do rayon 1, contendo as médias obtidas para impregnado e calandrado

Na figura 4.17, observa-se os parâmetros expresso em força. Na força de rotura, parâmetro das propriedades físicas, verifica-se que a média do tecido impregnado é superior ao target. Mas a média do material calandrado é superior ao tecido impregnado. Visto que a borracha influencia a percentagem de alongamento a diferentes forças, também influencia a força de rotura, pelo mesmo motivo.

4.5.4 Análises dos coeficientes de correlação lineares

O estudo de correlações está igualmente dividido em três passos, como os restantes tecidos.

Em relação ao estudo de correlações do tecido impregnado, todos os dados obtidos encontram-se na tabela B.10 do anexo B. A partir desses dados conclui-se que:

- Nas propriedades físicas, dentro dos diversos parâmetros analisados, , destaca-se a percentagem de alongamento com uma correlação crescente de moderada a forte com o aumento da percentagem de alongamento a diferentes forças. Observa-se que a percentagem de alongamento a diferentes forças, apresentam uma correlação muito forte, quando relacionadas entre si.
- Destaca-se a correlação moderada entre o twist em S e a percentagem de alongamento.

- Salienta-se uma correlação muito fraca negativa entre a espessura e o peso da corda, algo que se esperava, pois em teoria quanto maior for a espessura, maior o peso, ou vice-versa.
- Por último, a humidade apresenta correlações muito fracas a fracas, com os restantes métodos; mais uma vez, não se pode retirar muitas conclusões dos métodos indicados apenas ao impregnado.

Em relação ao estudo de correlações do tecido calandrado, todos os dados obtidos encontram-se na tabela B.11, do anexo B. A partir desses dados conclui-se que:

- Nas propriedades físicas, observa-se que a percentagem de alongamento apresenta correlações moderadas, com os restantes parâmetros do método. Verifica-se que a correlação é forte a muito forte, entre a percentagem de alongamento a diferentes forças, quando comparadas entre si.
- No peel test, novamente verifica-se que as correlações com os restantes métodos são muito fracas a fracas.
- O tackiness, o stickiness e a adesividade, são parâmetros semelhantes, que obedecem à mesma base teórica. Mas constata-se que o tackiness apresenta uma correlação muito fraca com o stickiness e uma correlação muito fraca negativa com a adesividade. Observa-se também uma correlação moderada entre o tackiness e a força de rotura.
- O stickiness sendo um método igual ao executado na adesividade, diferem apenas no equipamento utilizado, apresentam uma correlação muito fraca.
- A espessura e square meter weight expressão uma correlação moderada, mas muito próxima da correlação forte, pois a espessura da corda está diretamente relacionada com o peso.
- Por último, o green adhesion apresenta correlação fraca com o stickiness e a adesividade.

Para concluir, realizou-se o estudo de correlações entre os métodos em comum, os resultados encontram-se presentes na tabela 4.14, os resultados, advém da tabela B.12, do anexo B.

Através da análise da tabela 4.14, conclui-se que todas as correlações obtidas entre os resultados antes e após processo para cada método, encontram-se num nível

de correlações muito fracas. Com a exceção da humidade que apresenta uma correlação moderada e da humidade que apresenta uma correlação fraca.

Tabela 4.14- Correlações obtidas com os resultados dos métodos em comum para o rayon 1

Antes e após processo	
Métodos	Correlação linear
Percentagem de Alongamento	-0,005
Força de rotura	0,005
Percentagem de alongamento a 45N	-0,026
Percentagem de alongamento a 90N	0,065
Percentagem de alongamento a 135N	0,038
Peel test	0,243
Humidade	0,464

Isto indica que a ligação entre antes e após processo, pode não corresponder a uma ligação linear, pois as correlações são muito baixas. Ou que o processo não provoca alterações lineares no material.

4.6 Híbrido

O Híbrido, como já foi referido, é um tecido utilizado nas Capstrip. Para o *creel* do equipamento estar completo são necessárias duas caixas de bobines. Após o processo cada tira de capply contém 9 cordas, ou seja, são necessárias 9 bobines diferentes.

4.6.1 Tecido impregnado- Especificações e Valores obtidos

Os pontos de amostragem são iguais aos do nylon 1, assim como o procedimento de recolha das amostras. Como todos os tecidos apresentados, o híbrido também possui algumas especificações, mas não sendo possível a sua apresentação.

Relativamente ao tecido impregnado, obteve-se a média e o desvio padrão de cada método e procedeu-se ao cálculo dos limites superior e inferior, presentes na tabela 4.15.

Comparando os valores apresentados na tabela 4.15 e especificações, concluiu-se que:

- Nas propriedades físicas, a força de rotura apresenta especificado apenas o limite inferior, contudo os resultados encontram-se muito acima desse valor. Na força a diferentes percentagens de alongamento, todos os resultados situam-se dentro dos limites especificados, com a exceção de uma amostra na força a 3 e 7% de alongamento. O intervalo obtido para a força a 1% de alongamento é inferior ao intervalo especificado. Nos restantes parâmetros apresentam maior variação, logo os intervalos obtidos são maiores que os intervalos especificados.
- No peel test os resultados encontram-se acima do limite inferior, com o limite inferior obtido muito semelhante ao especificado.
- No shrinkage e shrinkage residual, apenas possuem especificado o limite superior. Todavia existiram algumas amostras que geraram valores iguais ou superiores ao limite especificado.
- No shrinkage force apenas existe limite mínimo especificado, mas todos os resultados situam-se acima. Sugere-se criação de especificações mais apertadas.
- A humidade, possui limite superior especificado, contudo, grande parte dos resultados são superiores ao limite especificado. Como existe uma variação elevada, o intervalo obtido é deveras elevado.
- Por último, a espessura, o twist e o peso da corda, apresentam resultados dentro dos valores especificados. Contudo limites mais apertados ou semelhantes aos especificados.

4.6.2 Comparação dos valores obtidos antes e após capstrip

Na tabela 4.16, encontram-se os valores das médias obtidas para cada método destinado ao capply, os respetivos desvios padrões e os limites obtidos.

Avaliando os valores apresentados na tabela 4.15 e 4.16, conclui-se que:

- Nas propriedades físicas, quase todos os parâmetros apresentam um intervalo menor face ao impregnado, exceto a força a 1% de alongamento. Observa-se que na percentagem de alongamento e na força de rotura, a ordem de grandeza dos resultados é semelhante ao impregnado, mas com uma variação menor. Também se verifica que na força a diferentes percentagens de alongamento, todos os resultados apresentam valores ligeiramente menores, relativamente ao impregnado.

- No peel test, os resultados do capply são menores face ao impregnado. Novamente, a justificação recai sobre a forma de preparação dos provetes.
- Nos quatro parâmetros de shrinkage, observa-se um intervalo menor que no impregnado. Verifica-se que existe menor dispersão entre resultados, apesar destes serem inferiores quando comparado com o impregnado.
- Relativamente à humidade, apresenta maior dispersão na forma de capply, todavia a média obtida é menor. Mas o intervalo obtido para o capply é ligeiramente superior ao impregnado.

4.6.3 Comparação dos valores médios obtidos, antes e após capstrip

A figura 4.18 apresenta os parâmetros das propriedades físicas, contem os targets das especificações do tecido impregnado e as médias dos valores obtidos para o tecido antes e após processo. A representação gráfica inclui uma tabela com os valores que permitiu a sua construção, para que quando as variações não forem notórias, estas possam ser identificadas.

Através da análise da figura 4.18, comparando os valores dos targets com as médias do impregnado, conclui-se que, as médias para a força a diferentes percentagens de alongamento do impregnado, são superiores ao target, exceto a força a 1% de alongamento, que é ligeiramente inferior.

Comparando as médias do capply com as do impregnado, constata-se que apenas a força de rotura é superior à do impregnado. Os restantes parâmetros apresentam uma média inferior, observando-se as maiores diferenças na força a diferentes percentagens de alongamento. Isto indica que o processo provoca alterações no material, uma possível justificação é a tensão a que o material está sujeito durante o processo.

A comparação entre as médias obtidas antes e após o processo, para os métodos peel test, shrinkage force e shrinkage force residual, encontram-se na figura 4.19. Observa-se que as médias do capply para os três métodos são bastante inferiores às médias do tecido impregnado.

Tabela 4.15- Dados obtidos para o Híbrido impregnado, para os diversos ensaios, com os respectivos limites obtidos

Impregnado						
Método		Unidade	Média	Desvio padrão	Limite superior	Limite inferior
PF	% Alongamento	%	9,48	0,22	10,15	8,81
	Força de rotura	N	390,13	9,18	417,68	362,58
	Força a 1% alongamento	N	19,22	0,85	21,77	16,67
	Força a 3% alongamento	N	53,65	2,52	61,21	46,10
	Força a 4% alongamento	N	83,10	4,05	95,25	70,96
	Força a 7% alongamento	N	231,09	9,91	260,83	201,35
Peel Test		N	165,86	15,58	212,61	119,11
Shrinkage		%	3,31	0,42	4,56	2,06
Shrinkage Residual		%	1,80	0,41	3,03	0,57
Shrinkage Force		cN	798,34	50,20	948,93	647,75
Shrinkage Force Residual		cN	31,56	10,98	64,51	0,00
Humidade		% água perdida	1,30	0,52	2,85	0,00
Espessura		mm	0,70	0,01	0,73	0,66
Twist S		Torções/m	373,44	3,45	383,79	363,09
Twist Z		Torções/m	376,20	2,48	383,65	368,74
Peso da corda		g/100m	33,34	0,22	34,00	32,68

Tabela 4.16- Dados obtidos para o Híbrido em capply, para os diversos ensaios, com os respectivos limites obtidos

Capply						
Método		Unidade	Média	Desvio padrão	Limite superior	Limite inferior
PF	% Alongamento	%	9,34	0,18	9,87	8,81
	Força de rotura	N	391,67	7,61	414,50	368,83
	Força a 1% alongamento	N	15,66	1,01	18,69	12,63
	Força a 3% alongamento	N	47,41	2,43	54,69	40,13
	Força a 4% alongamento	N	75,41	3,88	87,05	63,78
	Força a 7% alongamento	N	228,88	9,00	255,89	201,86
Peel Test		N	128,08	13,06	167,25	88,91
Shrinkage		%	2,93	0,28	3,78	2,08
Shrinkage Residual		%	1,42	0,26	2,20	0,65
Shrinkage Force		cN	619,47	49,80	768,88	470,06
Shrinkage Force Residual		cN	11,16	3,82	22,61	-0,30
Humidade		% água perdida	1,14	0,57	2,85	-0,58
Espessura		mm	1,09	0,04	1,20	0,98
Green Adhesion		N	35,97	5,03	51,05	20,88
Adesividade		N	10,39	2,28	17,22	3,55
Tackiness		N	11,10	2,40	18,30	3,90
Stickiness		N	5,51	1,23	9,21	1,81

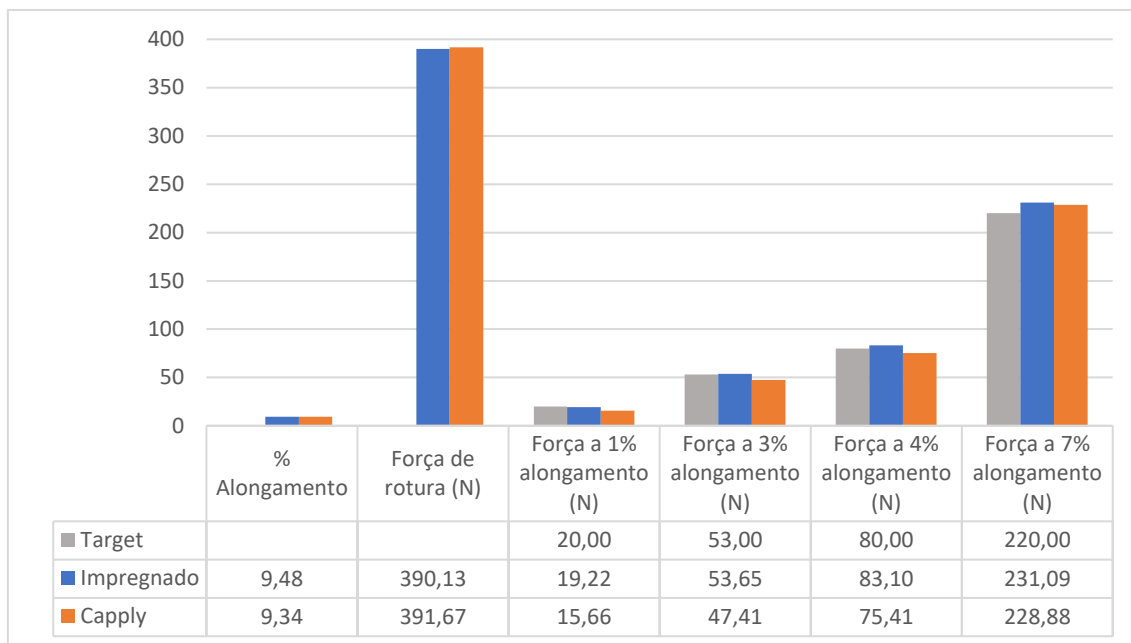


Figura 4.18- Representação gráfica dos parâmetros das propriedades físicas do híbrido, com target especificado para o impregnado e as médias obtidas para impregnado e capply

No caso do peel test, essa diferença é originária, pela forma de construção dos provetes. A justificação recai sobre o mesmo argumento utilizado nos tecidos anteriores.

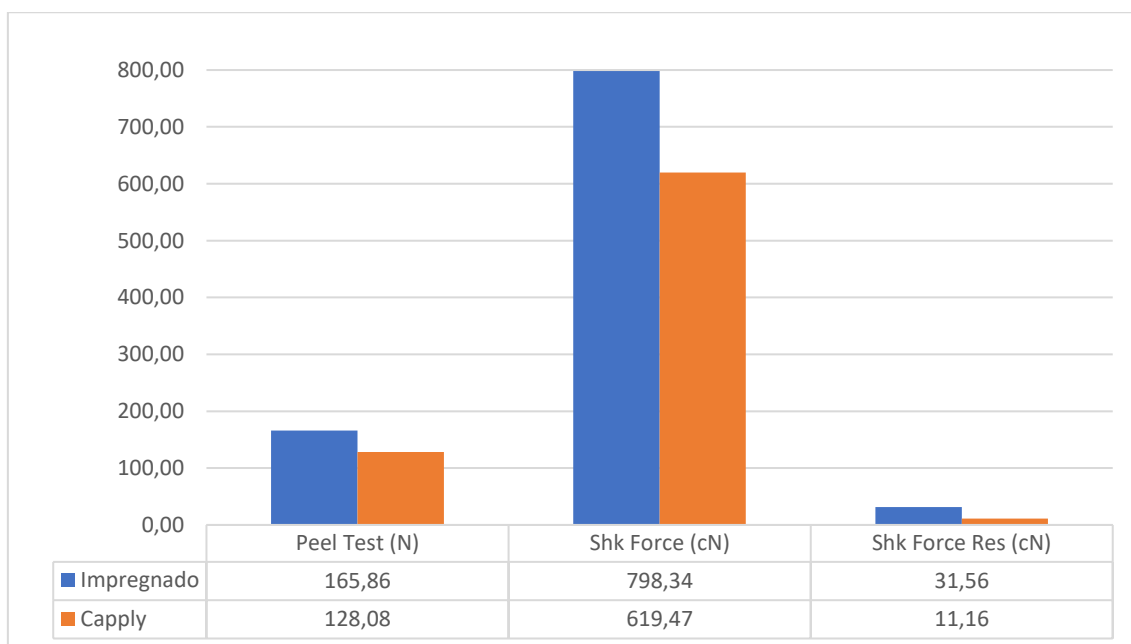


Figura 4.19- Representação gráfica dos parâmetros do peel test, shrinkage force e shrinkage force residual para o híbrido, contendo as médias obtidas para impregnado e capply

No caso do shrinkage force e force residual, estes estão interligados, uma vez que são análises sucessivas à mesma corda. Já seria de esperar que o capply apresenta-se um valor inferior ao impregnado, face às análises anteriores. Tal como anteriormente estas diferenças são provocadas pelo processo, ou seja, pelo

aquecimento e arrefecimento que a corda sofre. Também tem influência a forma como se remove a corda do interior do capply, pois maiores quantidades de partículas de borracha na corda, menor serão os valores obtidos.

Na figura 4.20 apresentam-se os resultados médios obtidos para o shrinkage, shrinkage residual e humidade.

Através da figura 4.20, observa-se as médias do tecido impregnado e capply, para o shrinkage e shrinkage residual e humidade. Constata-se que as médias obtidas para o impregnado são maiores que as médias do capply. A justificação recai sobre o mesmo motivo já referido para o shrinkage force.

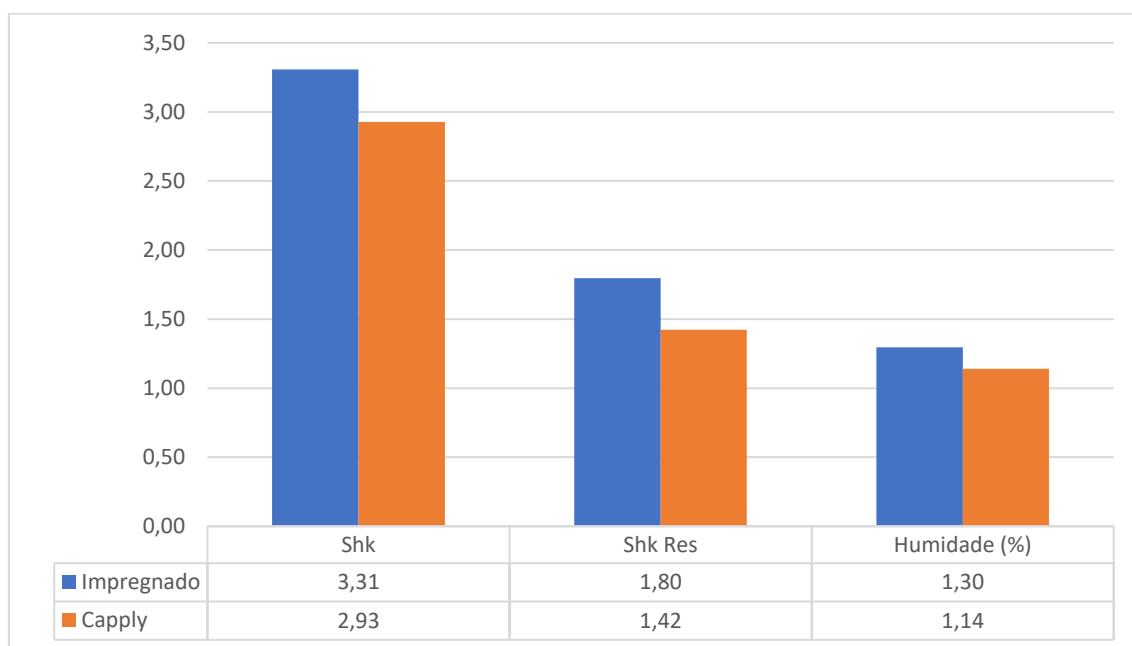


Figura 4.20- Representação gráfica do shrinkage, shrinkage residual e humidade do híbrido, com as médias obtidas para impregnado e capply

4.6.4 Análises dos coeficientes de correlação linear

O estudo de correlações encontra-se novamente dividido em três passos.

Em relação ao estudo de correlações do tecido impregnado, todos os dados obtidos encontram-se na tabela B.13, do anexo B. A partir desses dados conclui-se que:

- Dentro dos diversos parâmetros analisados, nas propriedades físicas, destaca-se a percentagem de alongamento com uma correlação negativa crescente moderada, com a força de rotura. E uma correlação crescente com o aumento da força a diferentes percentagens de alongamento. Observa-se que a força a diferentes percentagens de alongamento, apresentam uma correlação forte a muito forte. No entanto, isto acontece

quando se interceta na tabela B.13, os parâmetros das forças correspondentes a alongamento sucessivos.

- No peel test, as correlações encontram-se todas no nível de muito fracas ou fracas. Com a exceção da correlação moderada com a força a 7% de alongamento.
- O shrinkage force apresenta uma correlação forte com o shrinkage force residual; observa-se também uma correlação moderada, entre o shrinkage force com a força a diferentes percentagens de alongamento. Entre o shrinkage e shrinkage residual, verifica-se uma correlação muito forte.
- A humidade apresenta correlações moderadas negativas, com o shrinkage e shrinkage residual.
- O twist apresenta correlações moderadas negativas, com a força a 4 e 7% de alongamento e com o peel test.
- Por último, a espessura e o peso da corda apresentam correlações muito fracas a fracas com os restantes métodos. Mais uma vez, não se pode retirar muitas conclusões dos métodos indicados apenas ao impregnado, pois as correlações obtidas são baixas.

Em relação ao estudo de correlações do caply, todos os dados obtidos encontram-se na tabela B.14, do anexo B. A partir desses dados conclui-se que:

- Nas propriedades físicas, destaca-se a percentagem de alongamento com uma correlação moderada, com a força de rotura. E uma correlação negativa, fraca para forte, com o aumento da força a diferentes percentagens de alongamento. Observa-se que a força a diferentes percentagens de alongamento, apresentam uma correlação forte a muito forte, entre percentagens de alongamento sucessíveis. No entanto, isto acontece quando se interceta na tabela B.14, os parâmetros das forças correspondentes a alongamento sucessivos.
- No peel test, verifica-se correlações moderadas com a força a diferentes percentagens de alongamento.
- No shrinkage force apresenta correlações moderadas com o shrinkage force residual, força de rotura e força a diferentes percentagens de alongamento.

- No shrinkage, observa-se uma correlação forte com shrinkage residual. Salienta-se também as correlações moderadas com a força a diferentes percentagens de alongamento, para o shrinkage e shrinkage residual.
- O tackiness, o stickiness e a adesividade, são parâmetros semelhantes, que obedecem à mesma base teórica. Mas constata-se que o tackiness apresenta uma correlação muito fraca com o stickiness e uma correlação moderada com a adesividade. O stickiness sendo um método igual ao executado na adesividade, diferindo apenas no equipamento utilizado, apresentam uma correlação fraca.
- Por último, o green adhesion apresenta correlações negativas moderadas com o shrinkage e shrinkage residual.

Para concluir, realizou-se o estudo de correlações entre os métodos em comum, os resultados encontram-se presentes na tabela 4.17, os resultados, advém da tabela B.15, do anexo B.

Tabela 4.17- Correlações obtidas com os resultados dos métodos em comum para o híbrido

Antes e após processamento	
Método	Correlação
Percentagem de alongamento	0,240
Força de rotura	0,142
Força a 1% de alongamento	0,419
Força a 3% de alongamento	0,312
Força a 4% de alongamento	0,351
Força a 7% de alongamento	0,523
Peel test	0,509
Shrinkage force	0,250
Shrinkage force residual	0,093
Shrinkage	0,244
Shrinkage residual	0,283
Humidade	-0,206

Através da análise da tabela 4.17, conclui-se que a maioria das correlações obtidas entre os resultados para cada método, antes e após processo, encontram-se num nível de correlações fracas a moderadas. Com a exceção da força de rotura e do shrinkage force residual que apresenta uma correlação muito fraca.

Ao contrário dos restantes tecidos apresentados, o híbrido apresenta correlações maiores nos diversos métodos. Conhecendo a estrutura do material, isto

indica que o material é mais resistente às variações provocadas pelo processo, daí haver mais correlação entre antes e após o processo de capstrip.

Capítulo 5

Conclusões e trabalhos futuros

Neste capítulo são apresentadas as conclusões da realização deste trabalho. São ainda feitas algumas sugestões e propostas a serem desenvolvidas como trabalho futuro.

Para ser possível a realização deste trabalho foi necessário o conhecimento dos métodos de análise, os pontos de amostragem e o modo de recolha das amostras.

Para uma recolha de amostras mais simples nas capstrip, foi necessário a realização de um estudo para que, a Continental “mãe” permitisse a alteração do ponto de recolha. Concluiu-se que não existiu grande variação entre os dois pontos de amostragem estudados, o que levou á Continental “mãe” a aceitar a alteração.

O objetivo principal do estágio foi cumprido, obtiveram-se os resultados necessários para os tecidos selecionados: nylon 1 e 2, poliéster 1, rayon 1 e híbrido. Foram realizadas as diversas análises, de forma a criar limites e perceber a tendência dos materiais. Também foi avaliado o comportamento do material, antes e após processo de calandragem e capstrip e avaliaram-se as correlações lineares existentes.

De uma forma geral para o tecido impregnado, concluiu-se que, são necessários para meio de comparação com os resultados obtidos para o material calandrado e capply.

Verificou-se que a influência do processo de calandragem aplicado aos diversos tecidos foi semelhante. O mesmo aconteceu no processo de capstrip.

Relativamente a todas as amostras de Nylon 1 e Híbrido, os valores obtidos do impregnado e capply, apresentam diferenças, que podem ser provocadas pelo próprio processo ou por quantidades mínimas de partículas de borracha presentes

Na comparação das médias obtidas do tecido impregnado com as do capply, constatou-se que em todos os parâmetros, as médias do capply são inferiores às do impregnado, podendo-se então concluir que o processo provoca alterações no material.

Nos diversos estudos de correlação linear, observou-se que os coeficientes de correlação são baixos. Contudo nos parâmetros medidos no mesmo ensaio, verificaram-se correlações muito fortes.

Após todas as análises, concluiu-se que o processo de capstrip tem influência sobre o material, sendo necessário um estudo mais aprofundado, de forma a minimizar a influência do processo. Contudo foi possível a obtenção de possíveis limites para o capstrip.

Relativamente ao processo de calandragem, considerando os valores obtidos para todas as amostras do impregnado e material calandrado, verificou-se que os intervalos obtidos foram superiores nas amostras do material impregnado. Exceto no Rayon 1, que apresentam intervalos inferiores face ao impregnado, pois é um material orgânico.

Na comparação das médias obtidas do tecido impregnado com as do material calandrado, constatou-se que as médias do material calandrado são superiores ao impregnado, com a exceção dos quatro parâmetros de shrinkage do Poliéster 1, que apresenta médias inferiores quando comparado com o impregnado.

Nos diversos estudos de correlação linear, observou-se que os coeficientes de correlação são baixos, exceto entre parâmetros medidos no mesmo ensaio que apresentaram correlações muito fortes.

Após todas as análises, concluiu-se que o processo de calandragem tem também influência sobre o material, sendo necessário um estudo mais aprofundado, de forma a minimizar a influência do processo. Contudo também foi possível a obtenção de possíveis limites para o material calandrado.

Apesar do nylon 1 e 2 serem muito idênticos enquanto material impregnado, quando sujeitos a diferentes processos apresentam valores diferentes. Verificou-se que a calandragem tem maior influência que a capstrip.

Verificou-se que os parâmetros de qualidade dos tecidos são diferentes quando estes passam pelos processos de calandragem ou capstrip. Desta forma, concluiu-se que cada tecido reage de forma diferente mediante o seu processamento. Quando foram comparados os dois tipos de nylon (nylon 1 e 2), mas sujeitos a processos diferentes, constatou-se que a calandragem tem maior influência no material do que a capstrip. Todavia, não é uma conclusão geral, pois cada material tem um comportamento diferente e só o nylon é utilizado nos dois processos.

Como propostas de trabalhos futuros sugere-se:

- Dos tecidos selecionados, constatou-se a falta de especificações, em alguns parâmetros do material impregnado, sugere-se então a criação de especificações. Pelos resultados obtidos, também se observou que alguns resultados se encontravam fora dos limites especificados. Propõe-se que seja elaborada uma medida de prevenção perante os fornecedores ou um reajuste/ alteração das especificações.
- Não sendo possível concluir o Nylon 3, devido à sua produção diminuta e ao facto de ser produzido em turnos que não coincidiam com o horário de estágio, sugere-se o seu término.
- O projeto ficou com a primeira fase completa, com a exceção do Nylon 3. Sugere-se a continuidade com o estudo de tensões durante o processo para avaliar os impactos no material.

Capítulo 6

Bibliografia

- [1] Pedro Neves. Protocolos dos métodos Continental Mabor – Gestão de Qualidade Continental Mabor. 15 de março 2018;
- [2] Jordana Roider Rodrigues, Melhoria do processo de produção de tecidos metálicos na fabricação de pneus, Dissertação da Pós-graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2014;
- [3] Kirk-Othmer, Encyclopedia of Chemical Technology, 4^o edição por watcher, 1999, volume 24, página 82 a 92;
- [4] Nokian Tyres PLC, Reinforcing materials in Rubber products, education and culture, Leonardo da Vinci, 2015;
- [5] National Highway Traffic Safety Administration, The Pneumatic Tire, USA, 2006;
- [6] Andreia Cruz, Influence of Cord Design on Mechanical Properties of Tire Cords, Dissertação do Mestrado Integrado em Engenharia Química da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP), 2014;
- [7] Yilmz, B., Efes, Z., Yilmz, A., Use of Kordsa nylon 6.6 for cappy, página 7 a 35, 2004;
- [8] https://ctborracha.com/?page_id=1066 (acedido a 27 de março de 2018);
- [9] Carla Maciel. Protocolos dos métodos Continental Mabor – Gestão de Qualidade Continental Mabor. 2 de março 2018;
- [10] Apontamentos de apoio, fornecidos na disciplina de Estatística, durante a licenciatura de Engenharia Química do ISEP, no ano letivo 2013/2014;
- [11] Informação gerada, aquando a utilização do método de análise no Minitab (Software/programa de estatística);

Anexos

A. Resultados experimentais – Nylon 1

Neste anexo são apresentadas as representações gráficas dos diversos parâmetros analisados, referentes apenas ao Nylon 1. Quando o método é comum ao tecido impregnado e calandrado/ capstrip as representações gráficas estão devidamente identificadas, pois auxiliaram na criação provisória das especificações.

Devido à quantidade excessiva de gráficos por tecido, foi necessário a criação de um ficheiro, que contem as representações gráficas dos restantes tecidos, entregue na empresa. Contudo, nos anexos apenas se apresenta o Nylon 1 a título de exemplo, pois as restantes representações obedecem aos mesmo critérios.

A legenda das representações gráficas em todas as figuras apresentadas neste anexo é sempre a mesma:

- Resultados
- Média
- Média- 3*dp
- Média+3*dp

A.1 Propriedades físicas

- Percentagem de Alongamento:
 - Impregnado:

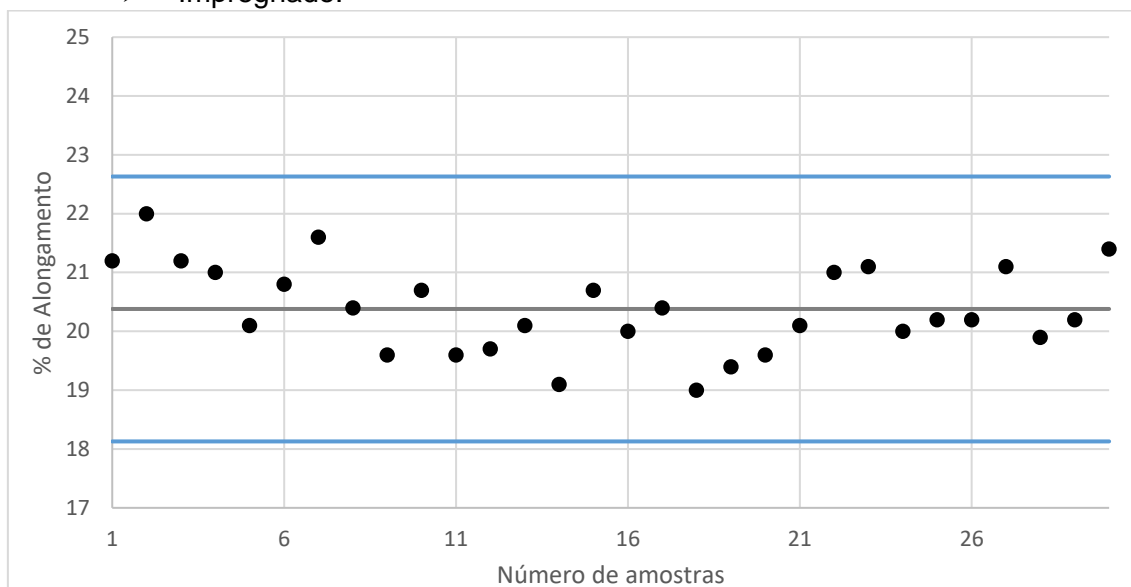


Figura A.1- Representação gráfica da distribuição dos resultados e dos limites obtidos para o material impregnado, com a respetiva especificação, na percentagem de alongamento (nylon 1)

- Cappy:

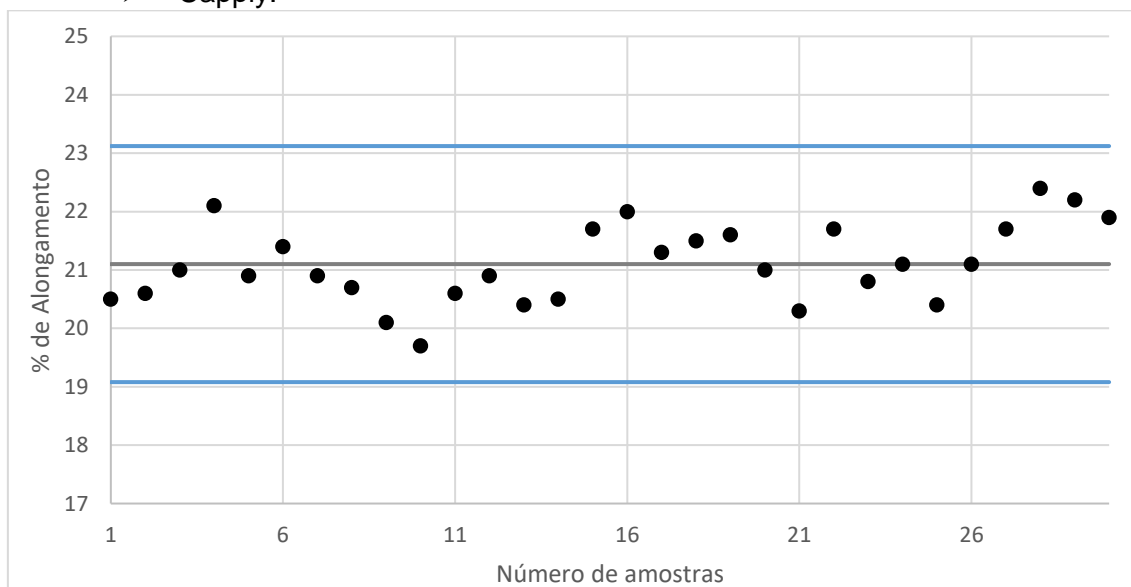


Figura A.2- Representação gráfica da distribuição dos resultados e dos limites obtidos para o cappy, na percentagem de alongamento (nylon 1)

- Força de rotura:
- Impregnado:

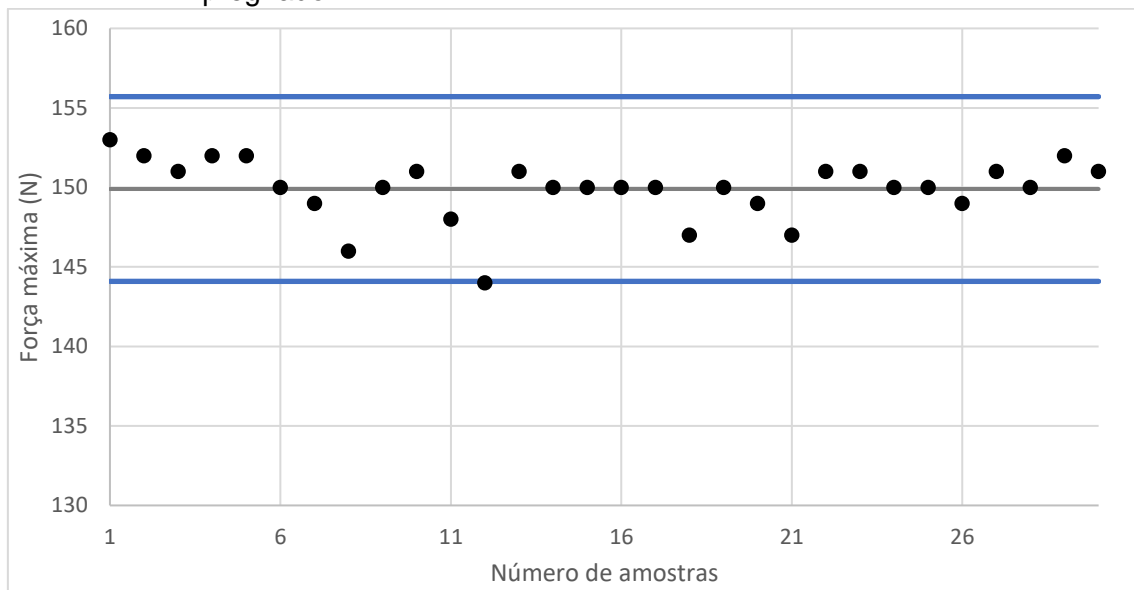


Figura A.3- Representação gráfica da distribuição dos resultados e dos limites obtidos para o material impregnado, com a respetiva especificação, na força de rotura (nylon 1)

- Cappy:

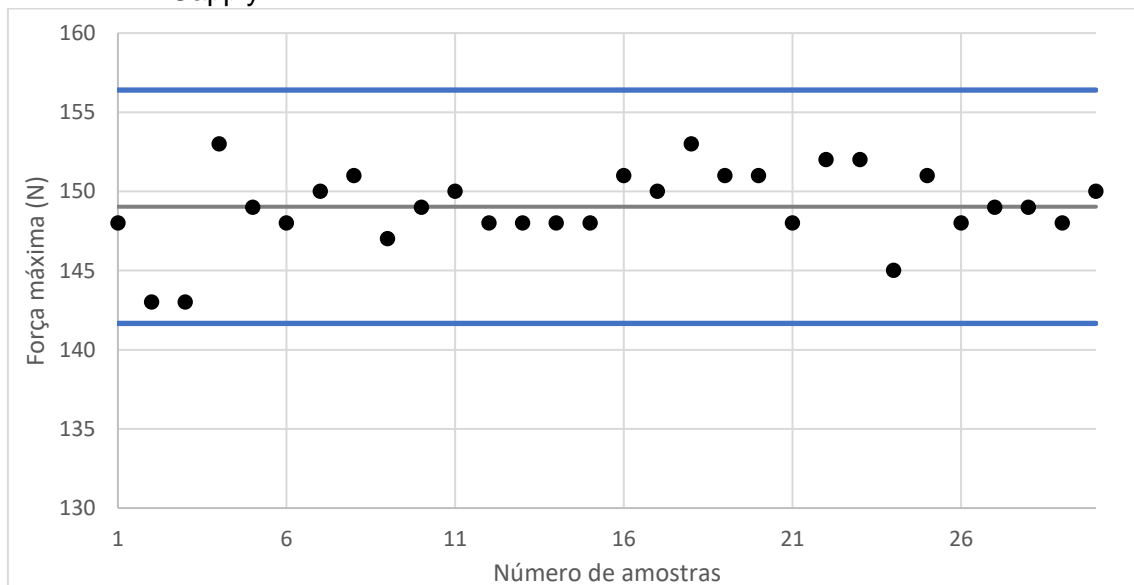


Figura A.4- Representação gráfica da distribuição dos resultados e dos limites obtidos para o cappy, na força de rotura (nylon 1)

- Força a 2% de alongamento:
- Impregnado:

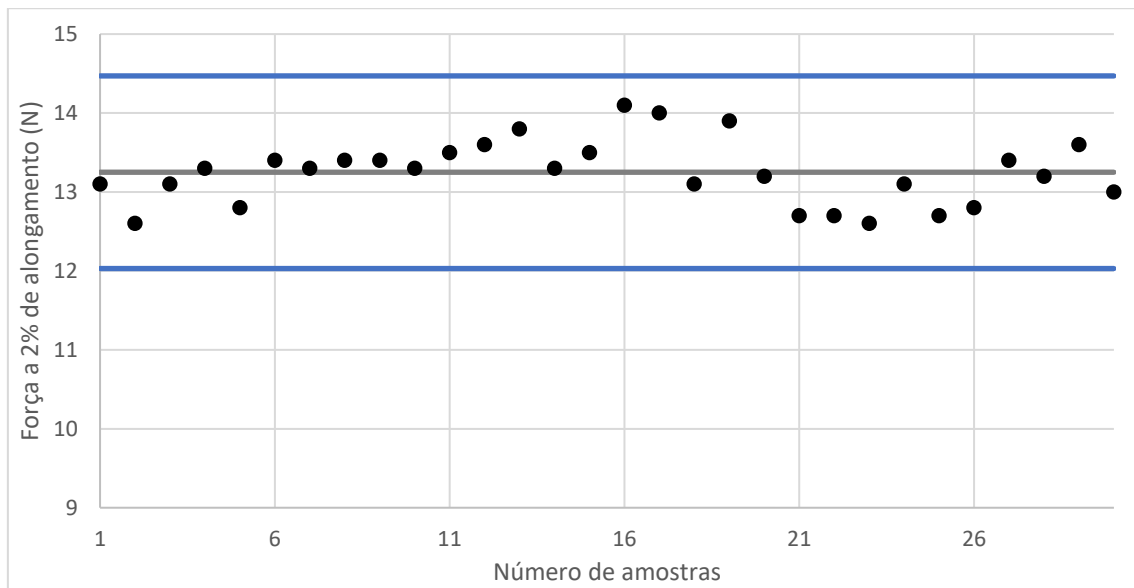


Figura A.5- Representação gráfica da distribuição dos resultados e dos limites obtidos para o material impregnado, com a respetiva especificação, na força a 2% de alongamento (nylon 1)

- Capply:

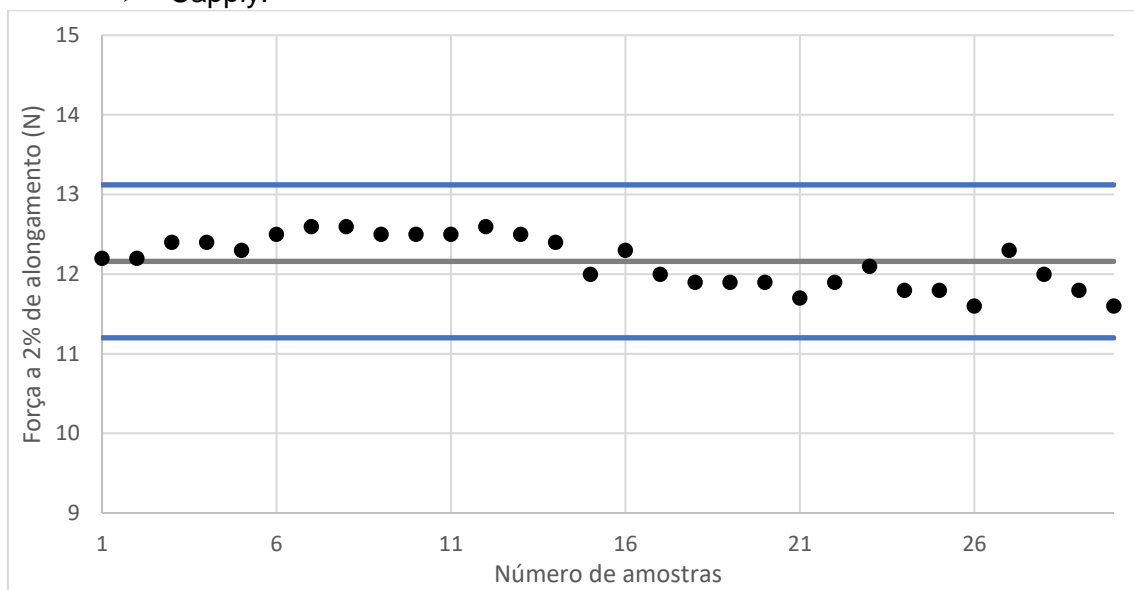


Figura A.6- Representação gráfica da distribuição dos resultados e dos limites obtidos para o capply, na força a 2% de alongamento (nylon 1)

- Força a 4% de alongamento:
- Impregnado:

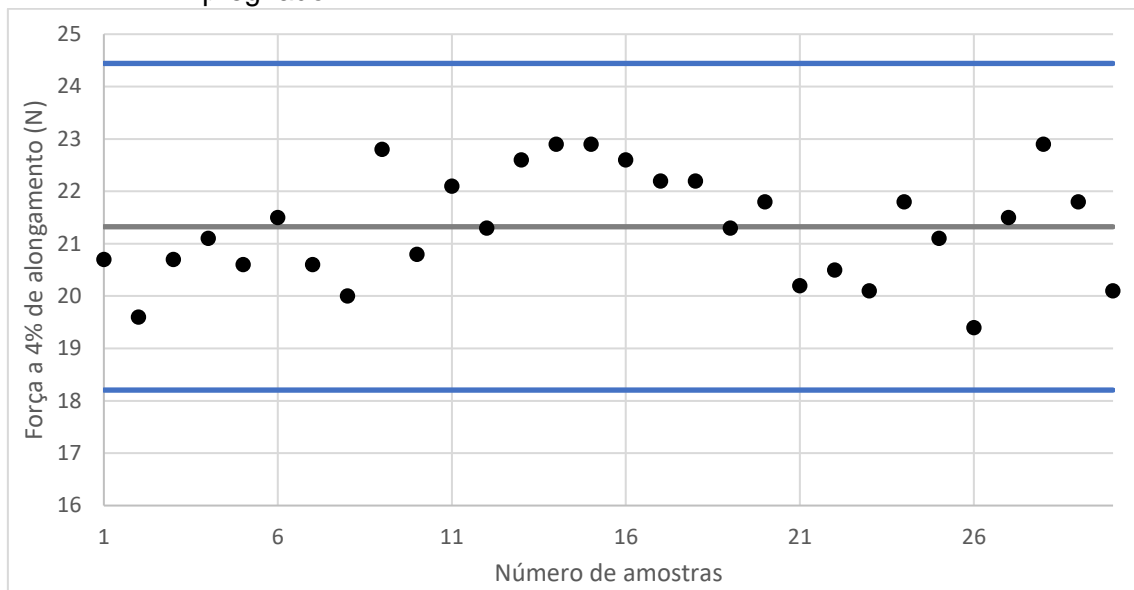


Figura A.7- Representação gráfica da distribuição dos resultados e dos limites obtidos para o material impregnado, com a respetiva especificação, na força a 4% de alongamento (nylon 1)

- Capply:

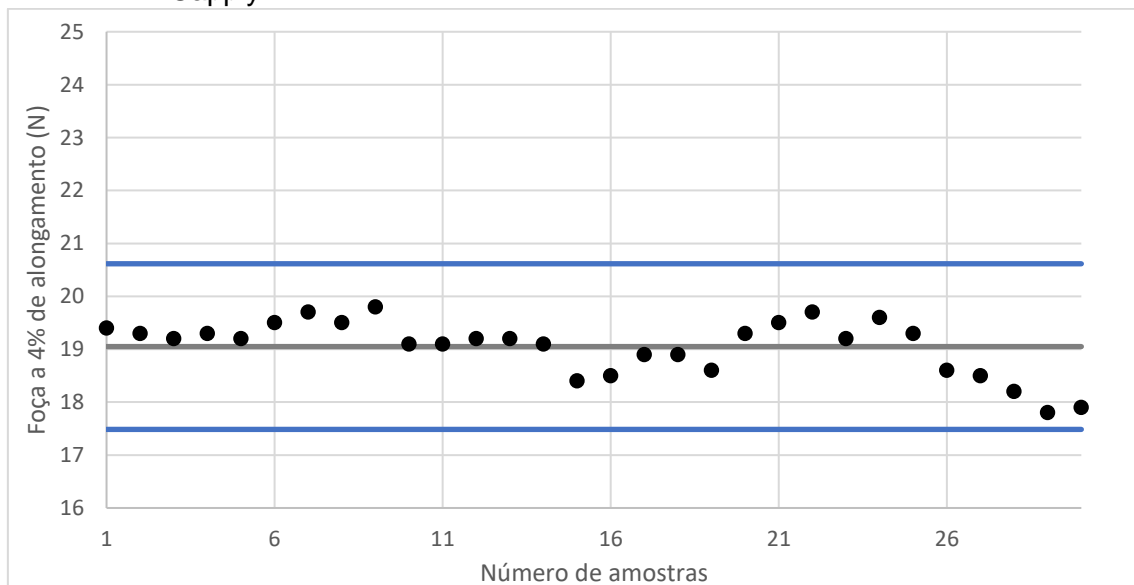


Figura A.8- Representação gráfica da distribuição dos resultados e dos limites obtidos para o capply, na força a 4% de alongamento (nylon 1)

- Força a 8% de alongamento:
- Impregnado:

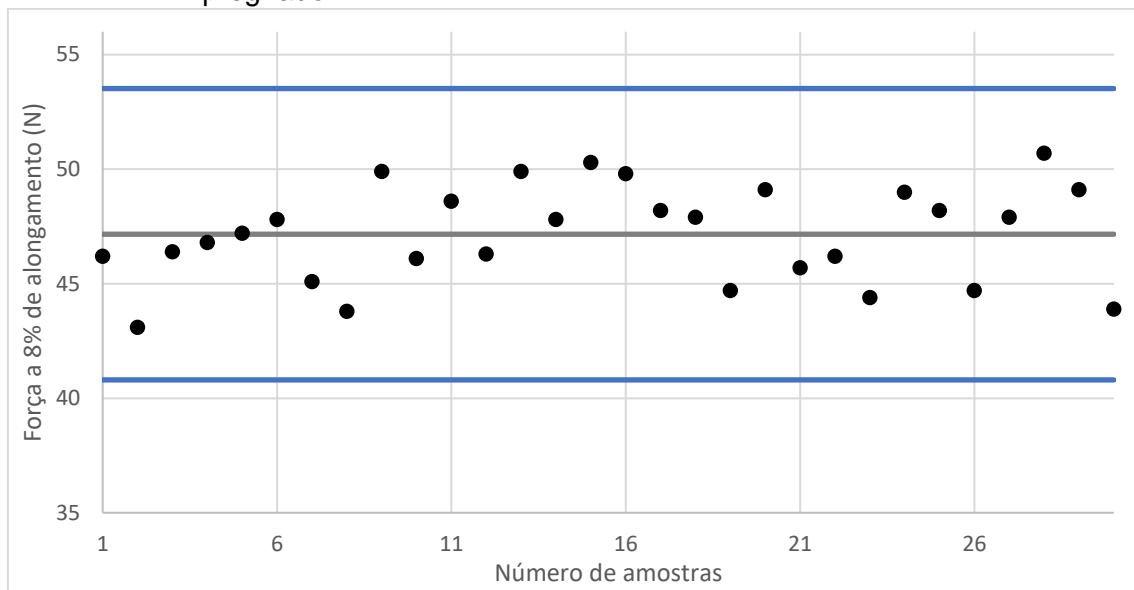


Figura A.9- Representação gráfica da distribuição dos resultados e dos limites obtidos para o material impregnado, com a respetiva especificação, na força a 8% de alongamento (nylon 1)

- Capply:

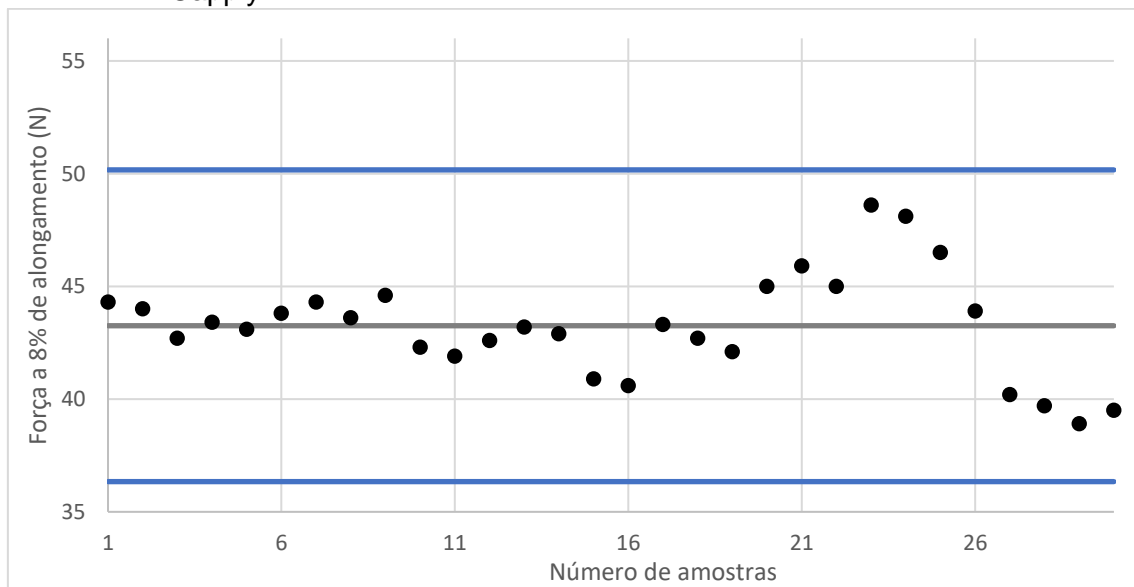


Figura A.10- Representação gráfica da distribuição dos resultados e dos limites obtidos para o capply, na força a 8% de alongamento (nylon 1)

- Força a 12% de alongamento:
- Impregnado:

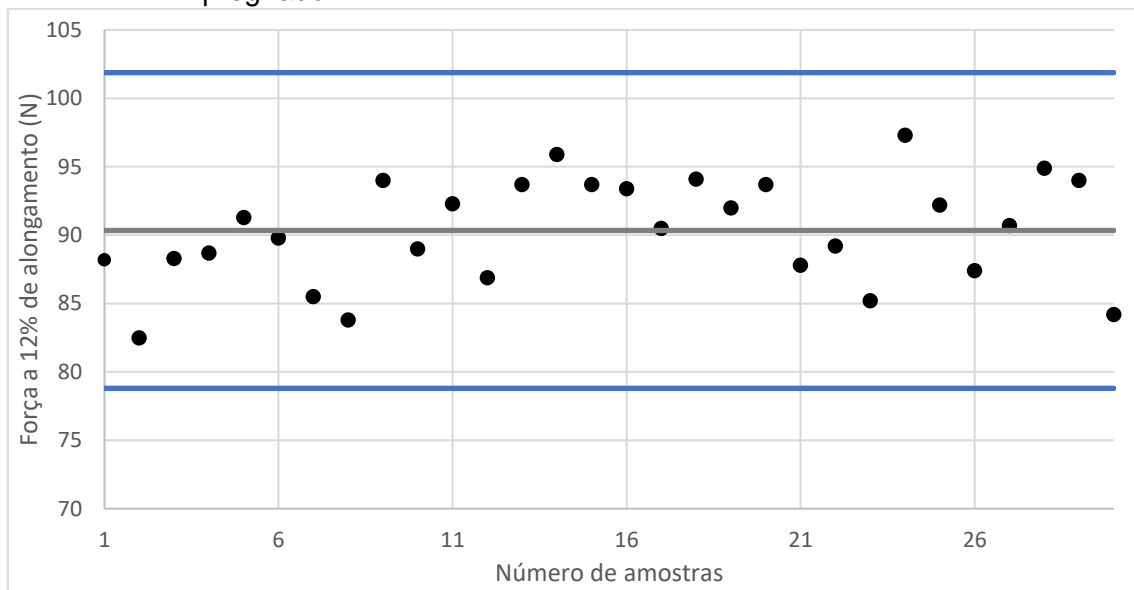


Figura A.11- Representação gráfica da distribuição dos resultados e dos limites obtidos para o material impregnado, com a respetiva especificação, na força a 12% de alongamento (nylon 1)

- Capply:

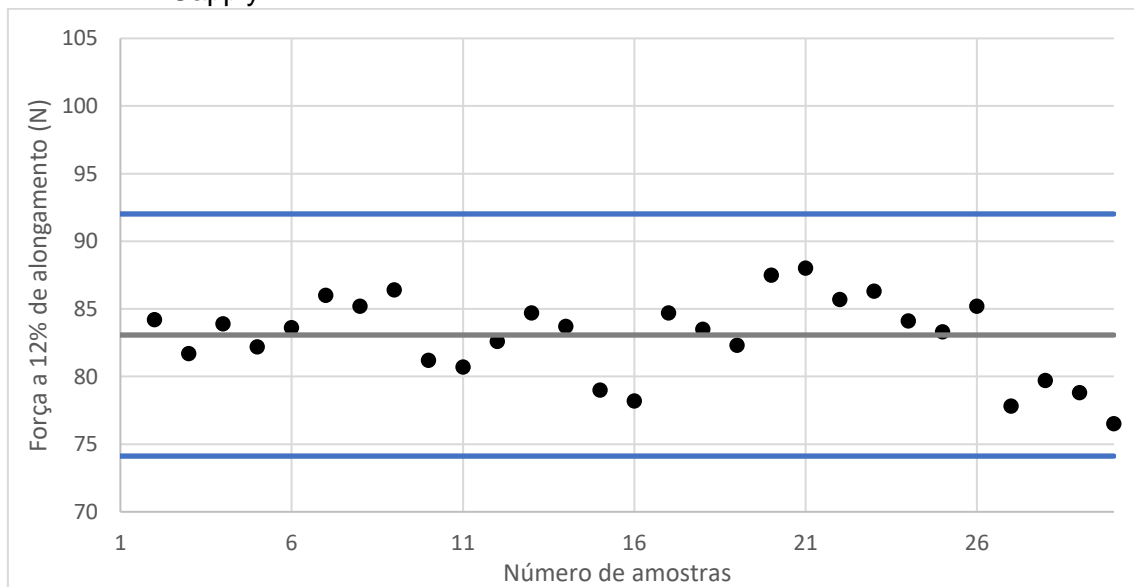


Figura A.12- Representação gráfica da distribuição dos resultados e dos limites obtidos para o capply, na força a 12% de alongamento (nylon 1)

A.2 Peel Test

➤ Impregnado:

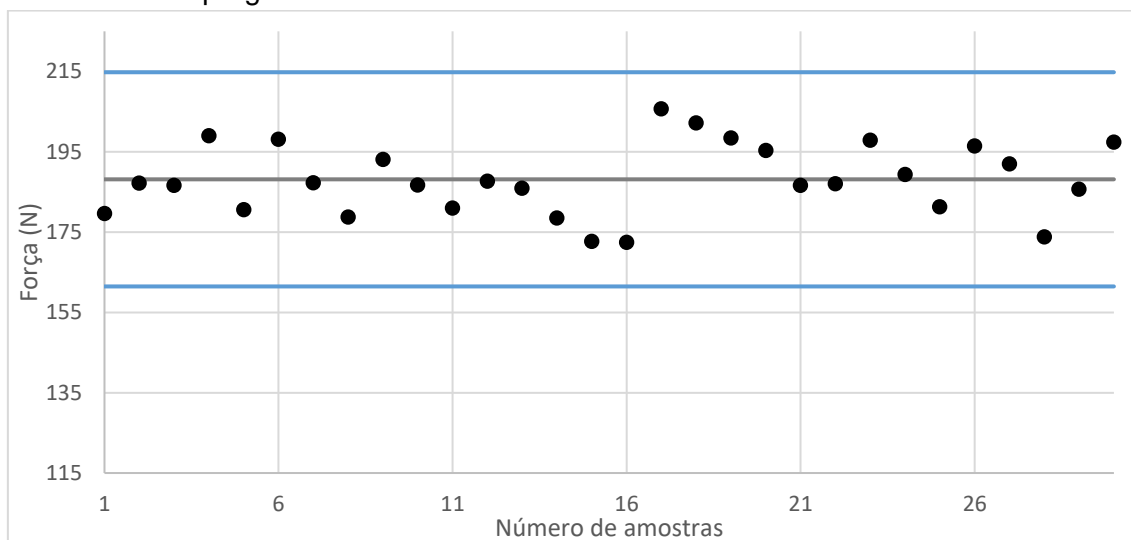


Figura A.13- Representação gráfica da distribuição dos resultados e dos limites obtidos para o material impregnado, com a respetiva especificação, no peel test (nylon 1)

➤ Capply:

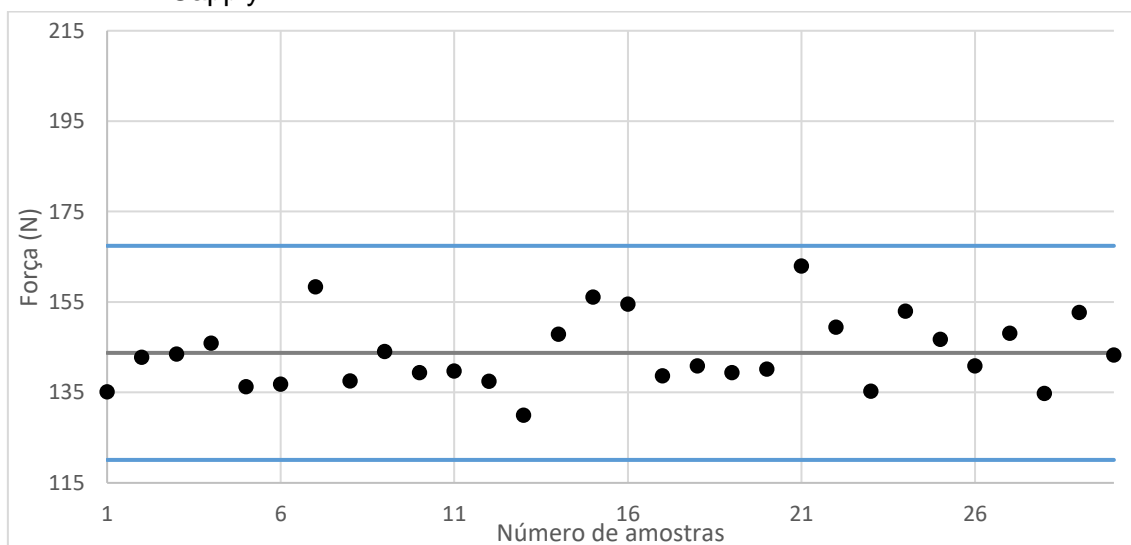


Figura A.14- Representação gráfica da distribuição dos resultados e dos limites obtidos para o capply, no peel test (nylon 1)

A.3 Shrinkage

➤ Impregnado:

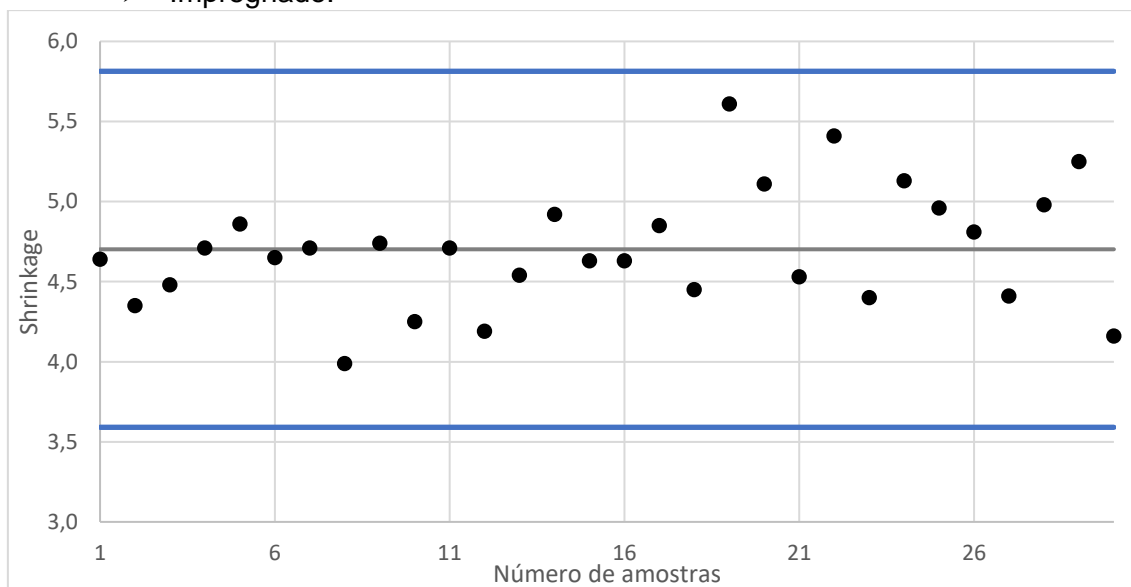


Figura A.15- Representação gráfica da distribuição dos resultados e dos limites obtidos para o material impregnado, com a respectiva especificação, no shrinkage (nylon 1)

➤ Cappy:

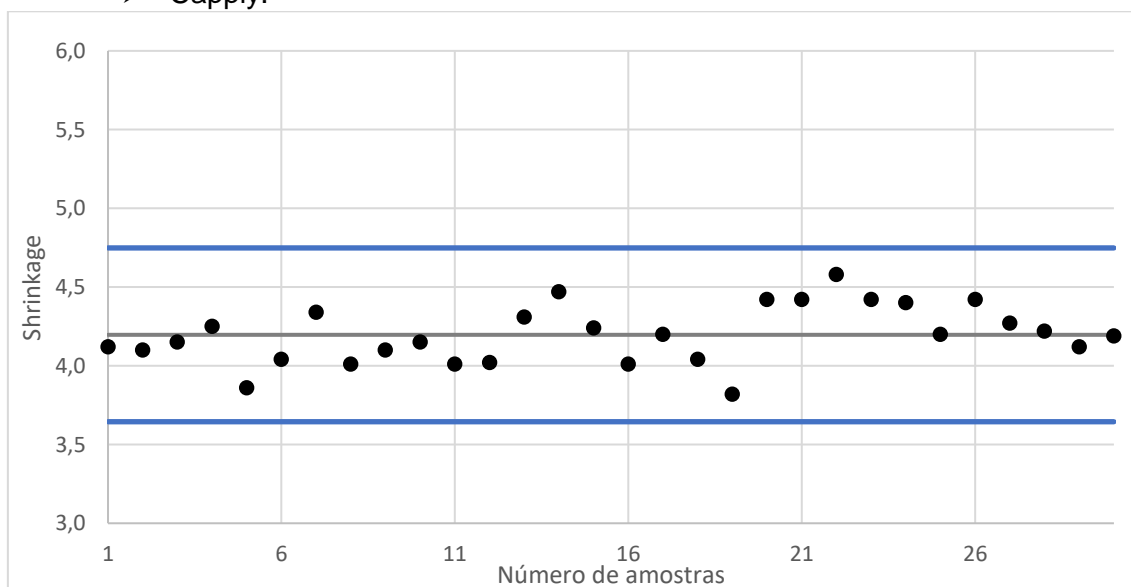


Figura A.16- Representação gráfica da distribuição dos resultados e dos limites obtidos para o cappy, no shrinkage (nylon 1)

A.4 Shrinkage Residual

➤ Impregnado:

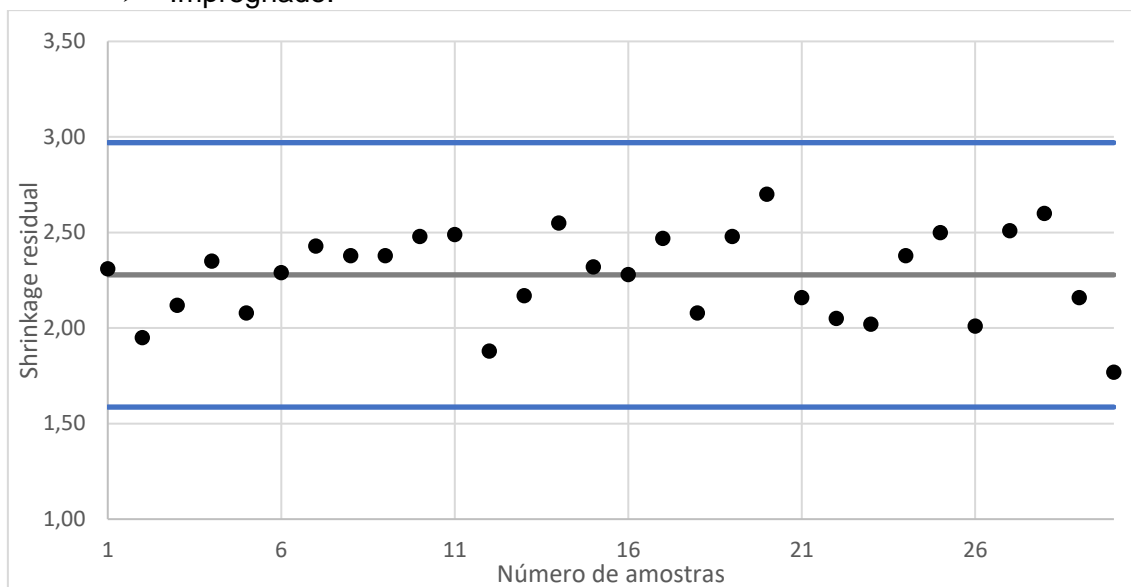


Figura A.17- Representação gráfica da distribuição dos resultados e dos limites obtidos para o material impregnado, com a respectiva especificação, no shrinkage residual (nylon 1)

➤ Capply:

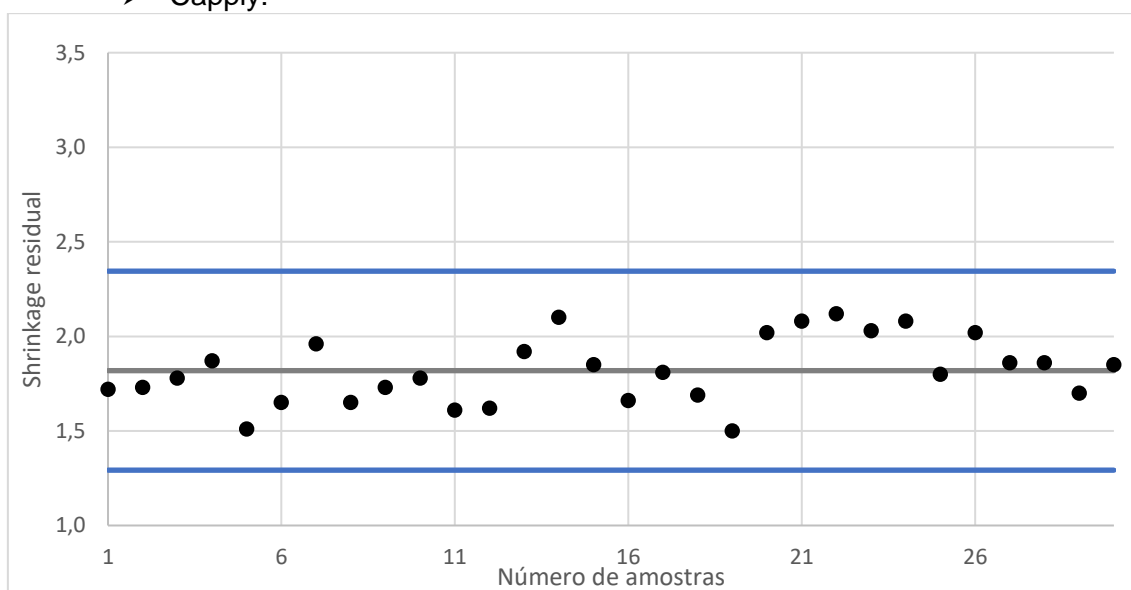


Figura A.18- Representação gráfica da distribuição dos resultados e dos limites obtidos para o capply, no shrinkage residual (nylon 1)

A.5 Shrinkage Force

➤ Impregnado:

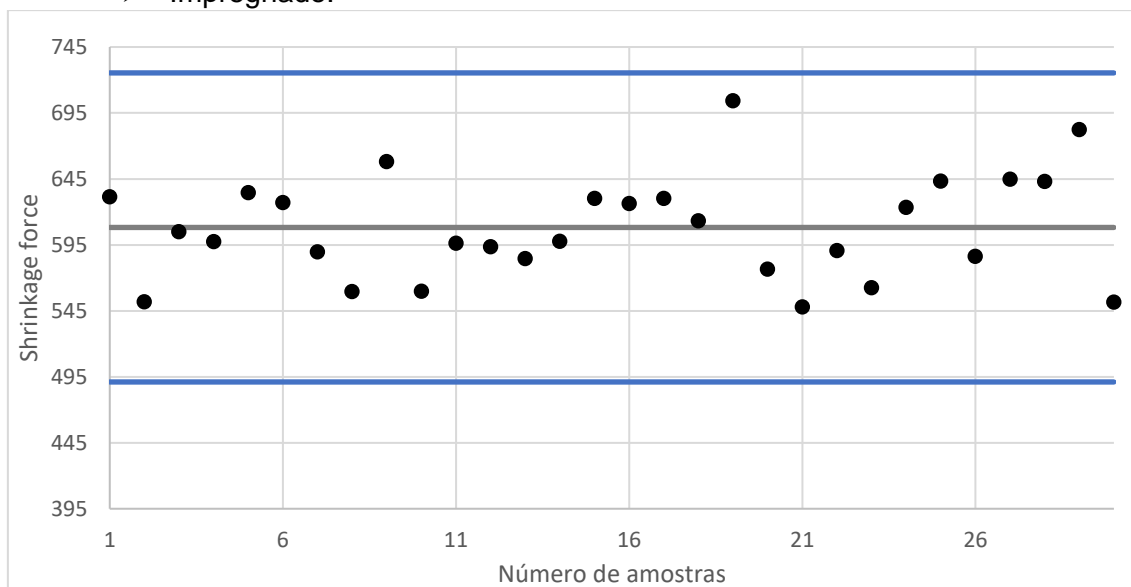


Figura A.19- Representação gráfica da distribuição dos resultados e dos limites obtidos para o material impregnado, com a respectiva especificação, no shrinkage force (nylon 1)

➤ Capply:

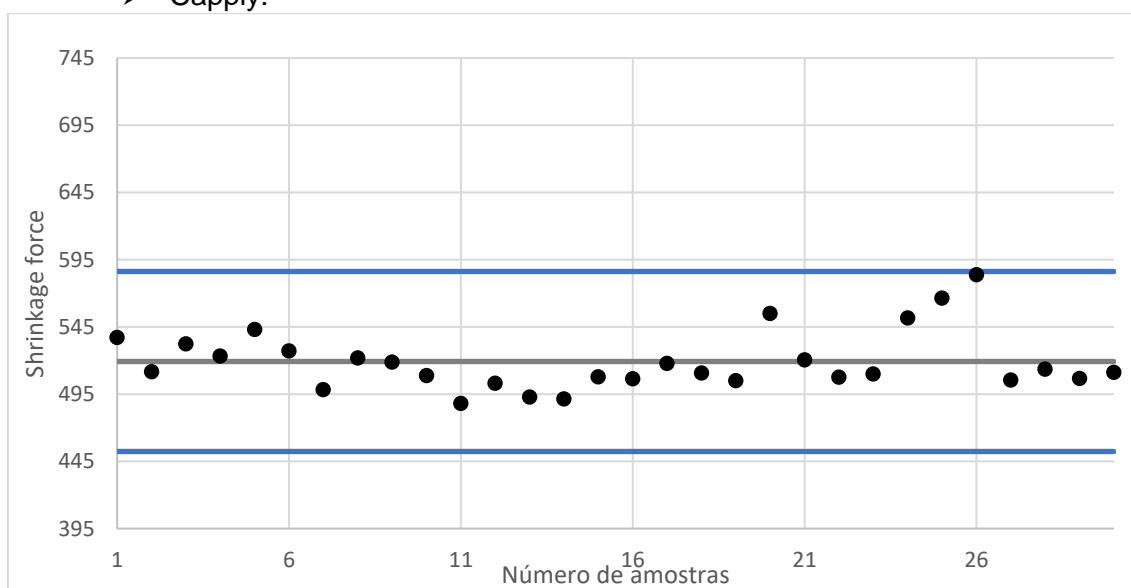


Figura A.20- Representação gráfica da distribuição dos resultados e dos limites obtidos para o capply, no shrinkage force (nylon 1)

A.6 Shrinkage Force Residual

➤ Impregnado:

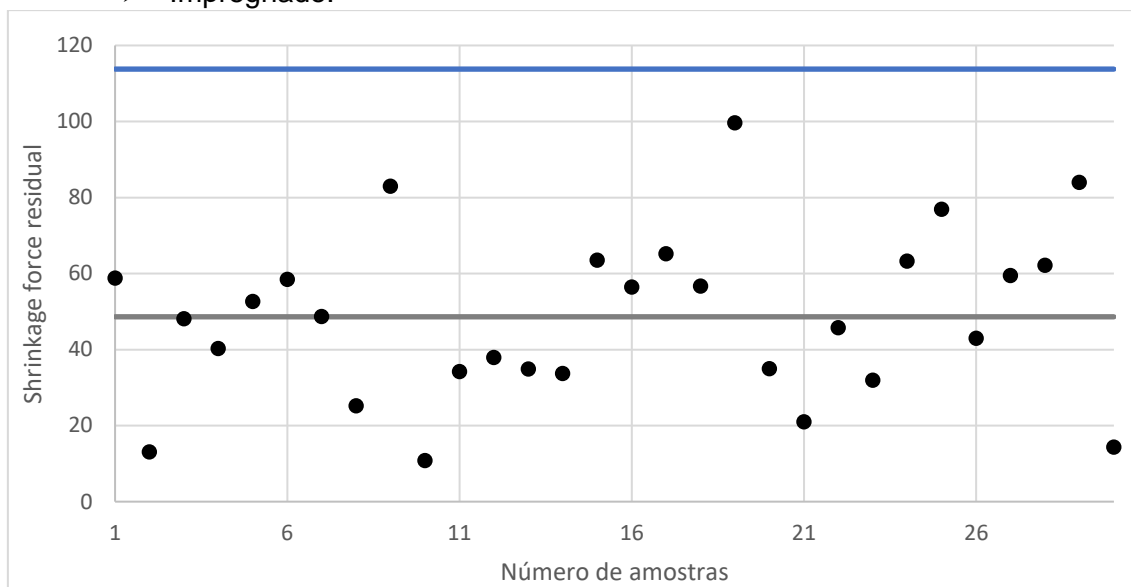


Figura A.21- Representação gráfica da distribuição dos resultados e dos limites obtidos para o material impregnado, com a respectiva especificação, no shrinkage force residual (nylon 1)

➤ Capply:

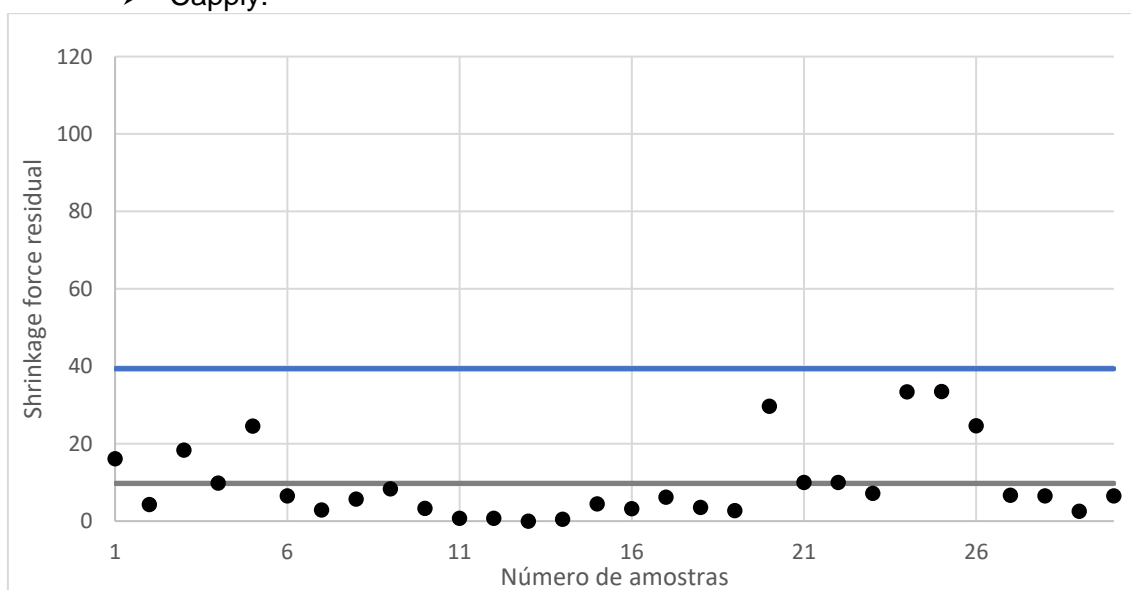


Figura A.22- Representação gráfica da distribuição dos resultados e dos limites obtidos para o capply, no shrinkage force residual (nylon 1)

A.7 Humidade

➤ Impregnado:

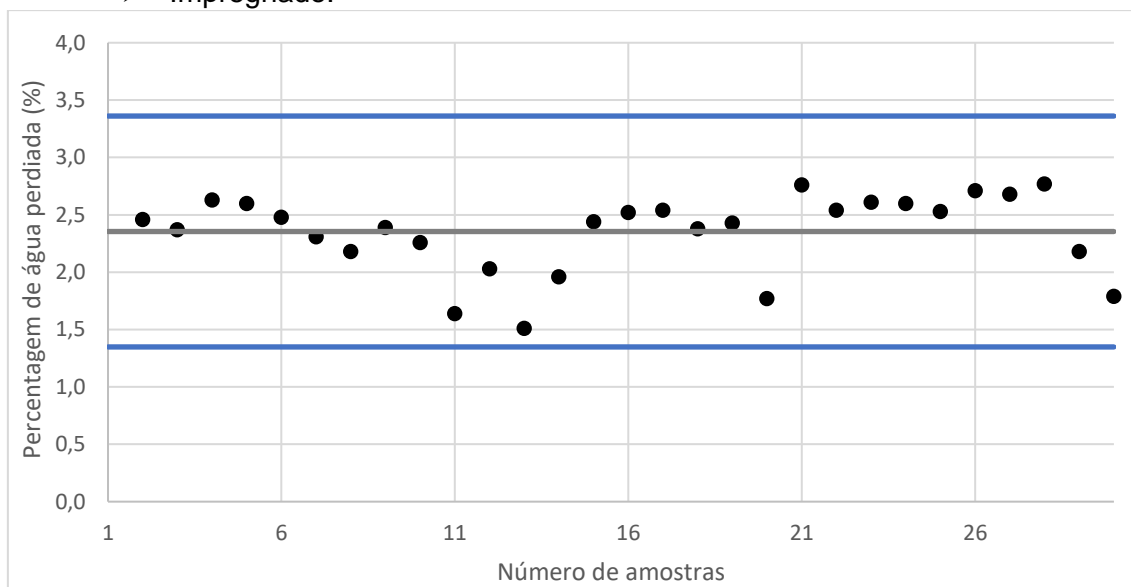


Figura A.23- Representação gráfica da distribuição dos resultados e dos limites obtidos para o material impregnado, com a respetiva especificação, na humidade (nylon 1)

➤ Capply:

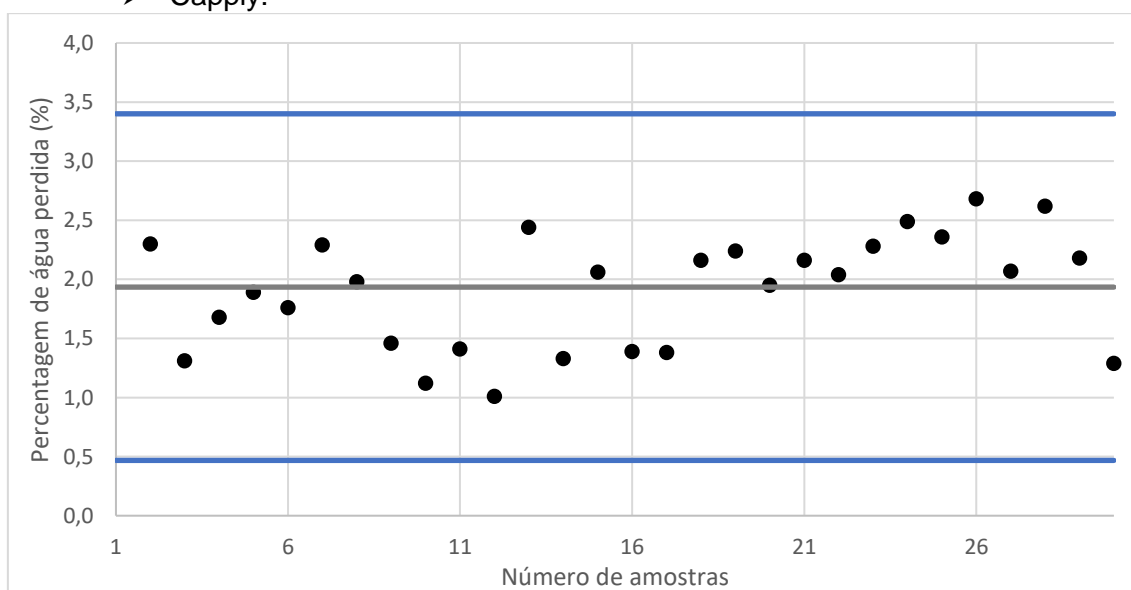


Figura A.24- Representação gráfica da distribuição dos resultados e dos limites obtidos para o capply, na humidade (nylon 1)

A.8 Espessura

➤ Impregnado:

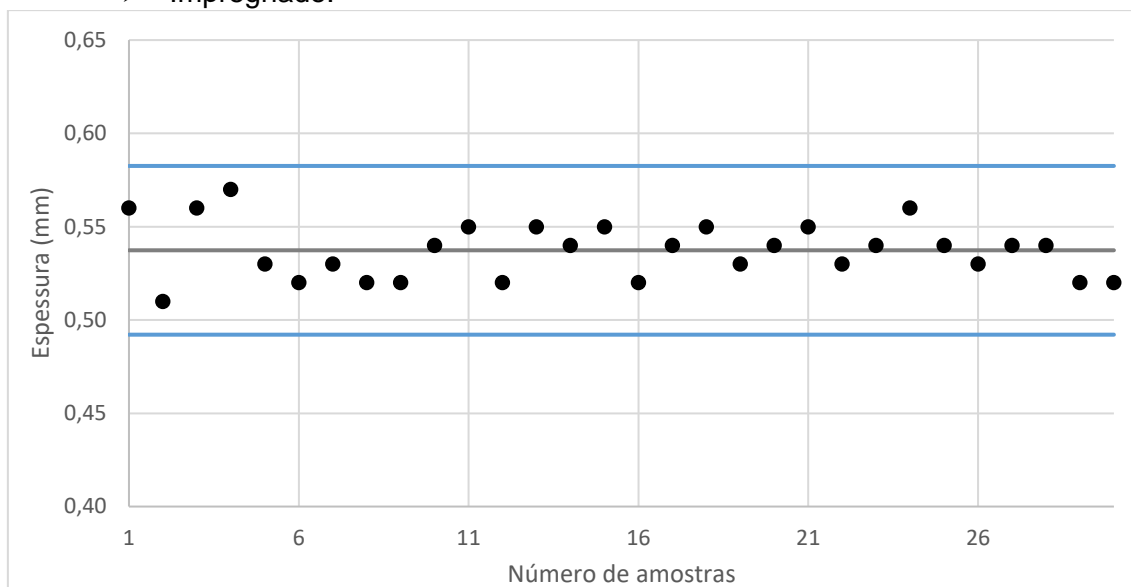


Figura A.25- Representação gráfica da distribuição dos resultados e dos limites obtidos para o material impregnado, com a respectiva especificação, na espessura (nylon 1)

➤ Cappy:

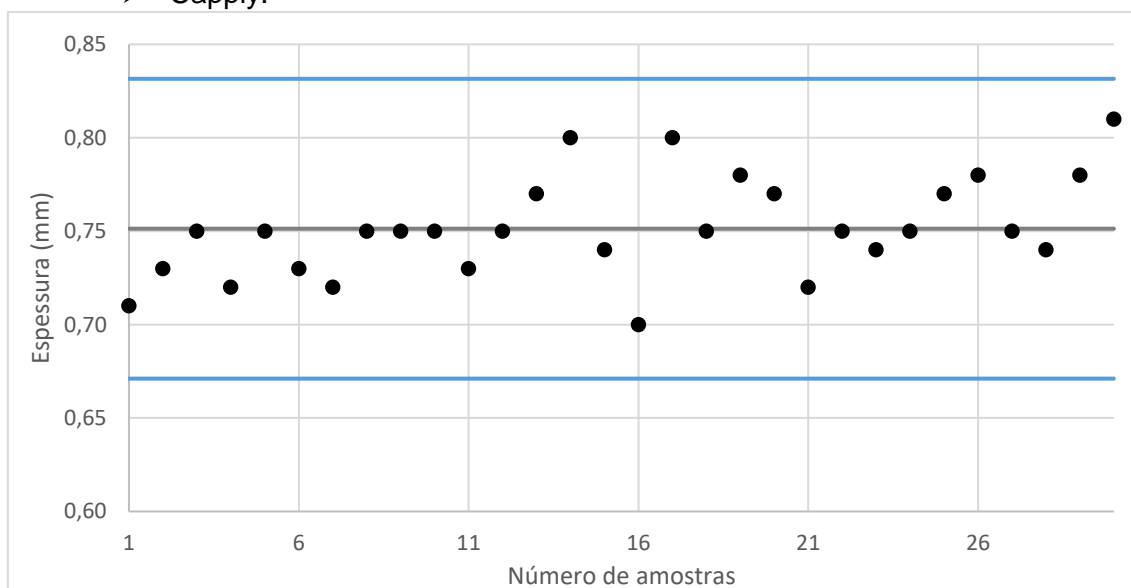


Figura A.26- Representação gráfica da distribuição dos resultados e dos limites obtidos para o cappy, na espessura (nylon 1)

A.9 Twist S

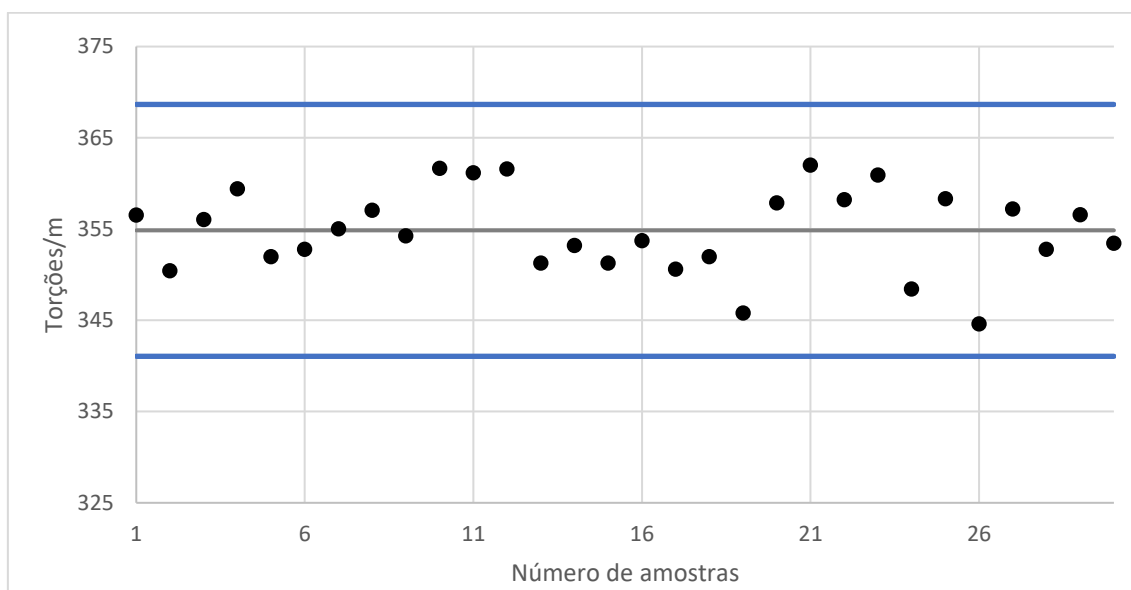


Figura A.27- Representação gráfica da distribuição dos resultados e dos limites obtidos para o material impregnado, com a respectiva especificação, no twist (nylon 1)

A.10 Twist Z

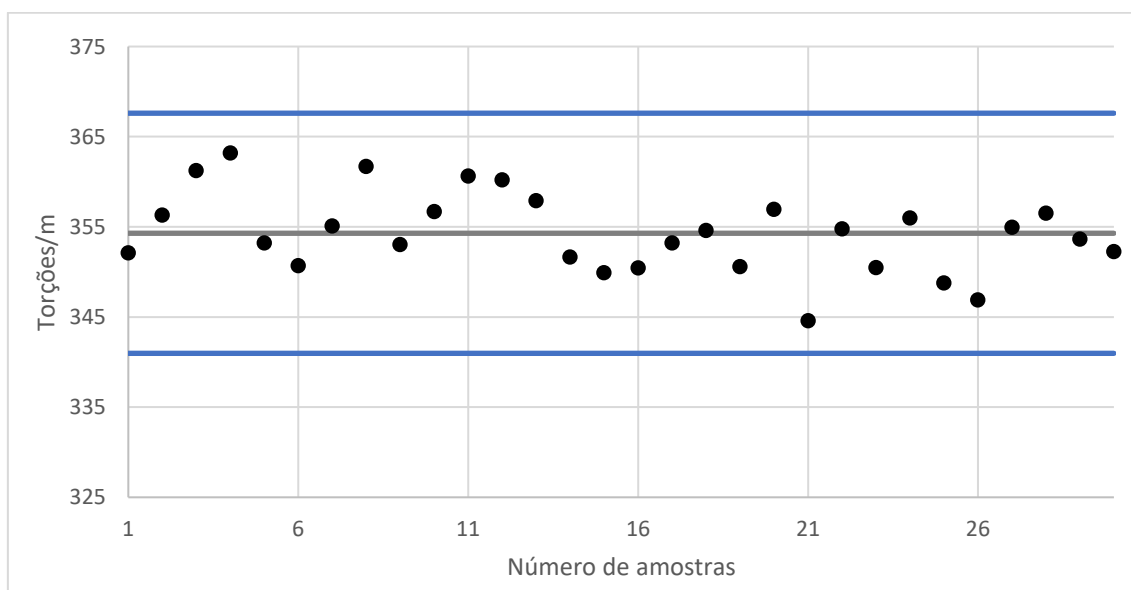


Figura A.28- Representação gráfica da distribuição dos resultados e dos limites obtidos para o material impregnado, com a respectiva especificação, no twist (nylon 1)

A.11 Peso da corda

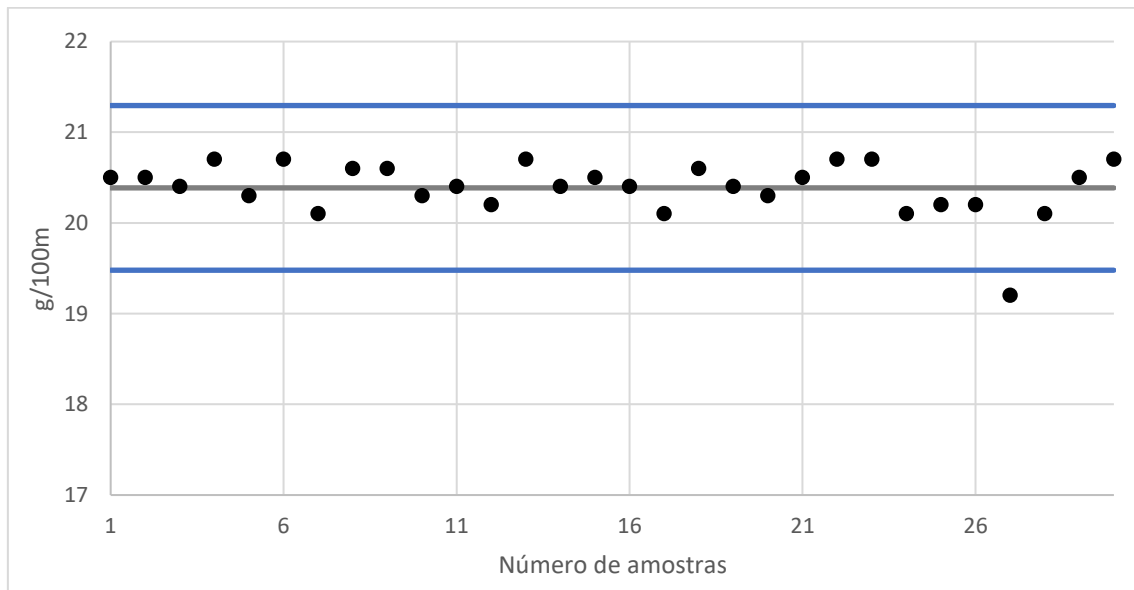


Figura A.29- Representação gráfica da distribuição dos resultados e dos limites obtidos para o material impregnado, com a respetiva especificação, no peso da corda (nylon 1)

A.12 Adesão em verde (green adhesion)

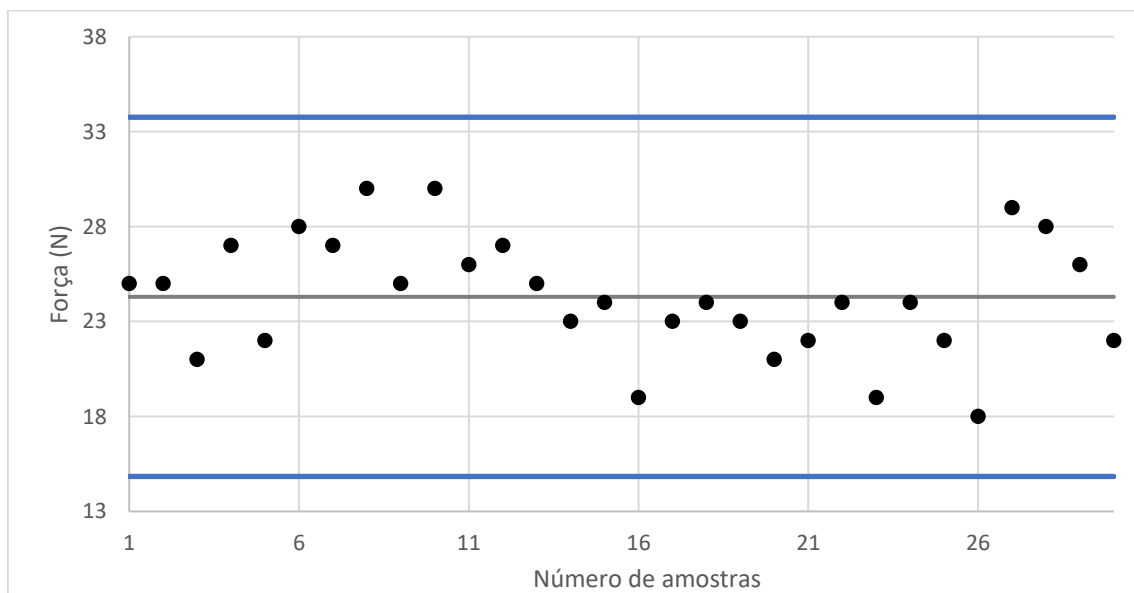


Figura A.30- Representação gráfica da distribuição dos resultados e dos limites obtidos para o capply, na adesão em verde (nylon 1)

A.13 Adesividade

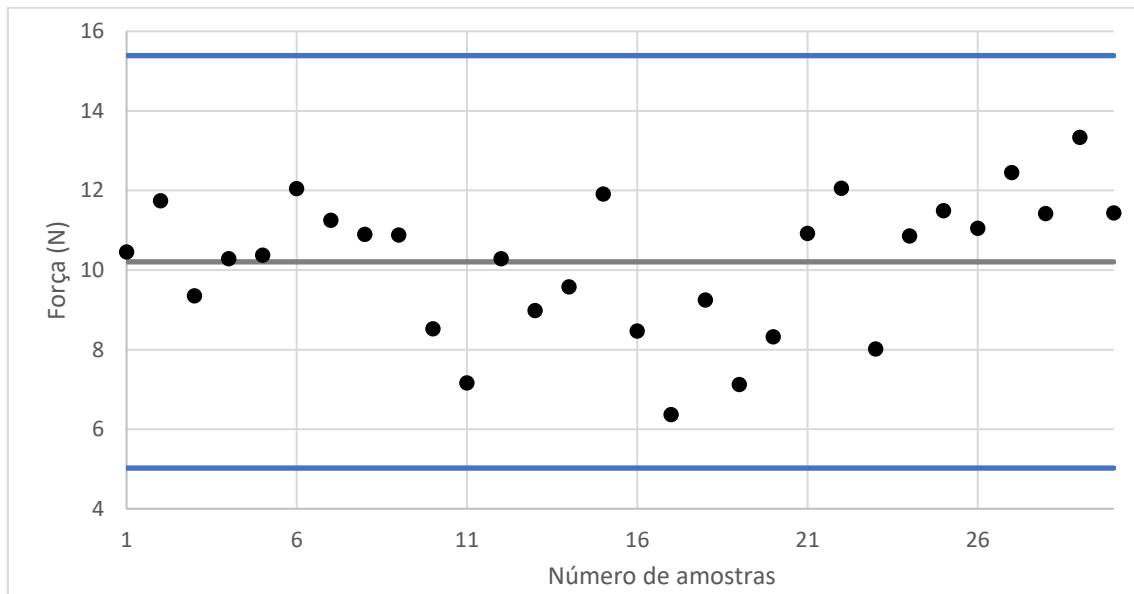


Figura A.31- Representação gráfica da distribuição dos resultados e dos limites obtidos para o capply, na adesividade (nylon 1)

A.14 Tackiness

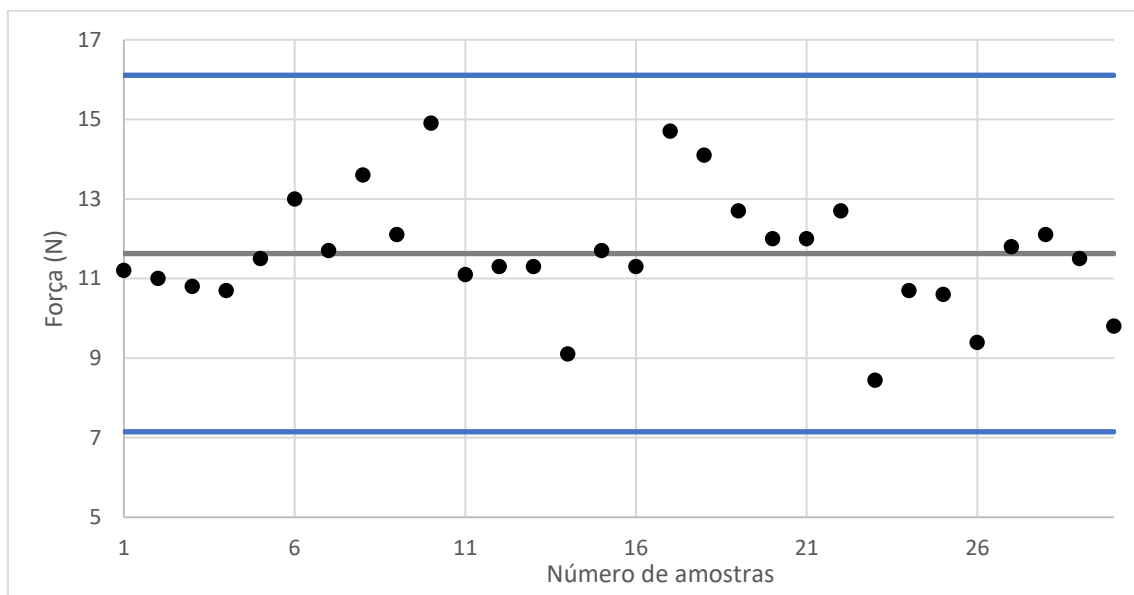


Figura A.32- Representação gráfica da distribuição dos resultados e dos limites obtidos para o capply, no tackiness (nylon 1)

A.15 Stickiness

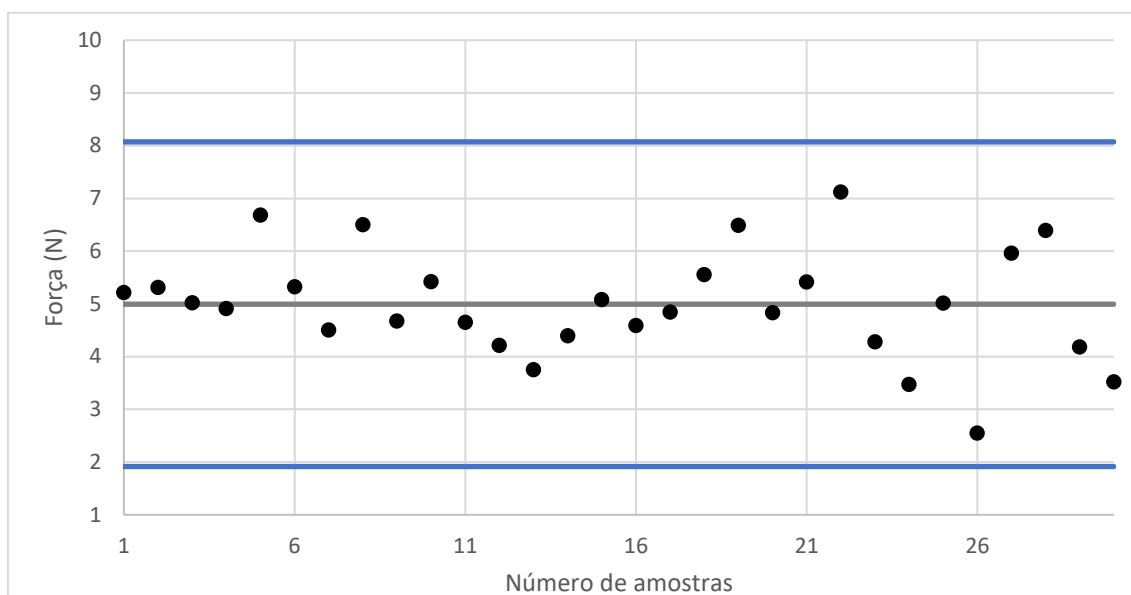


Figura A.33- Representação gráfica da distribuição dos resultados e dos limites obtidos para o capply, no stickiness (nylon 1)

A.16 Square meter weight

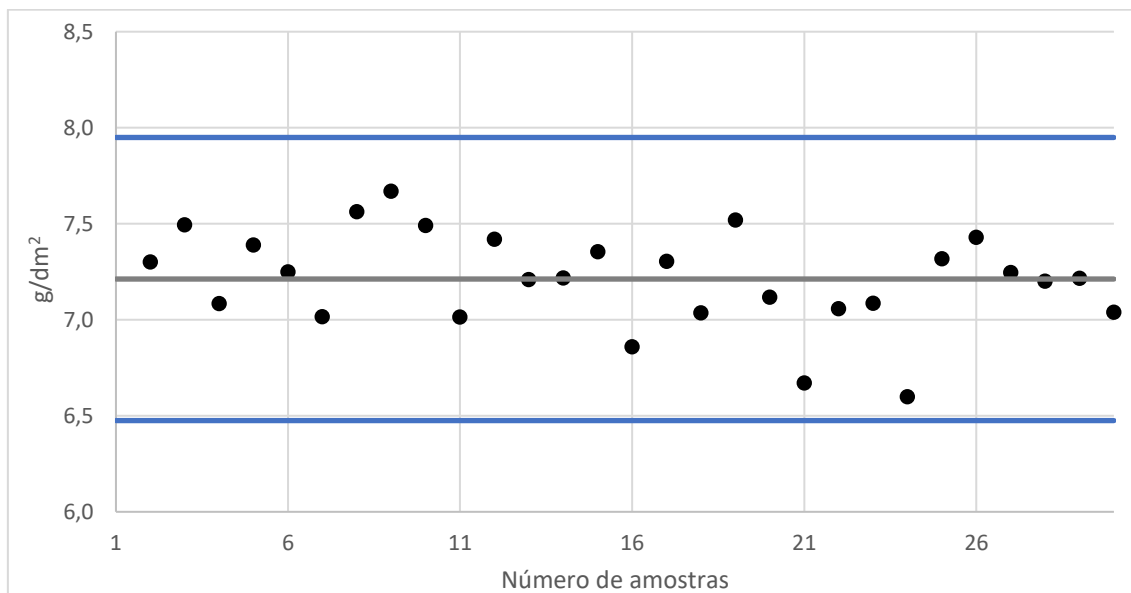


Figura A.34- Representação gráfica da distribuição dos resultados e dos limites obtidos para o capply, no square meter weight (nylon 1)

B. Correlações obtidas para os vários tecidos testados

B.1 Nylon 1

➤ Impregnado:

Tabela B.1- Correlações encontradas para os métodos destinados ao nylon 1 impregnado

	% Alongamento	Força de rotura	Força a 2% alongamento	Força a 4% alongamento	Força a 8% alongamento	Força a 12% alongamento	Peel Test	Shk Force	Shk Force Res	Shk	Shk Res	Humidade	Espessura	Twist S	Twist Z	Peso da corda
% Alongamento	1															
Força de rotura	0,480	1														
Força a 2% alongamento	-0,338	-0,147	1													
Força a 4% alongamento	-0,585	-0,042	0,632	1												
Força a 8% alongamento	-0,492	0,062	0,445	0,893	1											
Força a 12% alongamento	-0,702	0,071	0,374	0,845	0,872	1										
Peel Test	0,044	-0,013	-0,035	-0,227	-0,298	-0,198	1									
Shk Force	-0,344	0,238	0,444	0,512	0,505	0,600	-0,043	1								
Shk Force Res	-0,325	0,157	0,370	0,458	0,474	0,562	0,042	0,958	1							
Shk	-0,340	0,285	0,085	0,282	0,335	0,572	0,039	0,615	0,644	1						
Shk Res	-0,322	0,025	0,362	0,512	0,477	0,520	-0,181	0,354	0,325	0,368	1					
Humidade	0,236	0,206	-0,325	-0,235	-0,097	-0,079	0,044	0,265	0,327	0,166	-0,002	1				
Espessura	-0,066	0,156	-0,068	0,196	0,269	0,315	0,010	-0,006	0,013	0,089	0,291	0,097	1			
Twist S	0,132	-0,193	-0,169	-0,128	-0,055	-0,245	-0,154	-0,363	-0,385	-0,338	0,049	-0,152	0,155	1		
Twist Z	0,086	-0,104	0,213	0,072	0,021	-0,091	-0,029	-0,173	-0,249	-0,245	0,100	-0,396	0,189	0,289	1	
Peso da corda	0,006	0,062	-0,123	-0,100	-0,169	-0,167	0,055	-0,272	-0,212	-0,058	-0,403	-0,258	-0,053	0,058	-0,001	1

➤ Cappy:

Tabela B.2- Correlações encontradas para os métodos destinados ao nylon 1 em cappy

	Humidade	Green Adhesion	Tackiness	% Alongamento	Força de rotura	Força a 2% alongamento	Força a 4% alongamento	Força a 8% alongamento	Força a 12% alongamento	Peel Test	Shk Force	Shk Force Res	Shk	Shk Res	Stickiness	Thickness	Adesividade	Square meter weight
Humidade	1																	
Green Adhesion	-0,100	1																
Tackiness	-0,167	0,512	1															
% de Alongamento	0,108	-0,031	-0,022	1														
Força de rotura	-0,008	-0,015	0,192	0,286	1													
Força a 2% alongamento	-0,428	0,542	0,163	-0,347	-0,103	1												
Força a 4% alongamento	0,008	0,116	0,108	-0,634	-0,087	0,427	1											
Força a 8% alongamento	0,296	-0,290	-0,191	-0,530	-0,010	-0,067	0,778	1										
Força a 12% alongamento	0,286	-0,153	0,041	-0,535	0,037	0,049	0,792	0,814	1									
Peel Test	0,006	-0,129	-0,097	0,162	-0,076	-0,261	-0,017	0,013	-0,074	1								
Shk Force	0,361	-0,401	-0,164	-0,095	-0,115	-0,440	0,157	0,427	0,302	-0,062	1							
Shk Force Res	0,338	-0,415	-0,233	-0,124	-0,128	-0,427	0,252	0,517	0,279	0,039	0,908	1						
Shk	0,254	-0,232	-0,341	-0,051	0,012	-0,317	0,189	0,412	0,382	0,341	0,135	0,231	1					
Shk Res	0,259	-0,264	-0,351	-0,060	-0,011	-0,347	0,186	0,433	0,384	0,370	0,145	0,249	0,987	1				
Stickiness	0,044	0,368	0,548	0,114	0,248	0,158	0,157	-0,108	-0,003	-0,087	-0,187	-0,117	-0,302	-0,320	1			
Espessura	-0,150	-0,205	-0,061	0,044	0,020	-0,388	-0,381	-0,171	-0,128	-0,213	0,092	0,078	0,133	0,139	-0,257	1		
Adesividade	0,328	0,291	-0,159	0,246	-0,271	-0,157	-0,089	-0,137	-0,169	0,376	0,163	0,122	0,188	0,155	0,053	-0,113	1	
Square meter weight	-0,334	0,097	0,036	-0,047	-0,083	0,084	-0,300	-0,397	-0,309	-0,426	0,014	-0,138	-0,372	-0,388	0,013	0,515	0,069	1

➤ Correlação dos métodos comuns ao impregnado e capply:

Tabela B.3- Correlações encontradas para os métodos em comum ao nylon 1 empregando e capply

		% Alongamento		Força rotura		Força a 2% alongamento		Força a 4% alongamento		Força a 8% alongamento		Força a 12% alongamento		Peel Test		SK Force		SK Force Res		SK		SK Res		Humidade	
		Impregnado	Capply	Impregnado	Capply	Impregnado	Capply	Impregnado	Capply	Impregnado	Capply	Impregnado	Capply	Impregnado	Capply	Impregnado	Capply	Impregnado	Capply	Impregnado	Capply	Impregnado	Capply	Impregnado	Capply
% Alongamento	Impregnado	1																							
	Capply	0,055	1																						
Força rotura	Impregnado	0,480	0,153	1																					
	Capply	-0,232	0,286	-0,173	1																				
Força a 2% alongamento	Impregnado	-0,338	0,245	-0,147	0,119	1																			
	Capply	0,083	-0,347	-0,118	-0,103	0,358	1																		
Força a 4% alongamento	Impregnado	-0,585	0,205	-0,042	0,059	0,632	0,173	1																	
	Capply	0,073	-0,634	-0,166	-0,087	-0,292	0,427	-0,200	1																
Força a 8% alongamento	Impregnado	-0,492	0,212	0,062	-0,001	0,445	0,044	0,893	-0,165	1															
	Capply	0,055	-0,530	-0,076	-0,010	-0,511	-0,067	-0,327	0,778	-0,232	1														
Força a 12% alongamento	Impregnado	-0,702	0,171	0,071	0,027	0,734	-0,130	0,845	-0,164	0,872	-0,132	1													
	Capply	-0,064	-0,535	-0,200	0,037	-0,342	0,049	-0,268	0,792	-0,238	0,814	-0,173	1												
Peel Test	Impregnado	0,044	0,081	-0,013	0,217	-0,035	-0,233	-0,227	0,067	-0,298	0,233	-0,198	0,286	1											
	Capply	0,107	0,162	-0,056	-0,076	-0,064	-0,261	0,028	-0,017	0,080	0,013	0,106	-0,074	-0,213	1										
SK Force	Impregnado	-0,344	0,386	0,238	0,018	0,444	-0,093	0,512	-0,301	0,505	-0,298	0,600	-0,314	-0,043	0,0213	1									
	Capply	0,002	-0,095	0,074	-0,115	-0,442	-0,440	-0,358	0,157	-0,062	0,427	-0,002	0,302	0,145	-0,062	0,033	1								
SK Force Res	Impregnado	-0,325	0,359	0,157	0,065	0,370	-0,180	0,458	-0,182	0,474	-0,112	0,562	-0,140	0,042	0,097	0,958	0,137	1							
	Capply	-0,015	-0,174	0,154	-0,128	-0,487	-0,427	-0,250	0,252	0,058	0,517	0,152	0,279	0,044	0,039	0,055	0,908	0,152	1						
SK	Impregnado	-0,340	0,306	0,285	0,123	0,085	-0,410	0,282	-0,052	0,335	0,085	0,572	0,114	0,039	0,176	0,615	0,181	0,644	0,303	1					
	Capply	0,170	-0,051	0,091	0,012	-0,388	-0,317	-0,078	0,189	0,024	0,412	0,033	0,382	0,074	0,341	-0,412	0,135	-0,291	0,231	0,157	1				
SK Res	Impregnado	-0,322	-0,077	0,025	0,179	0,362	-0,190	0,512	0,111	0,477	-0,001	0,520	0,067	-0,181	0,051	0,354	0,012	0,325	0,111	0,368	0,049	1			
	Capply	0,138	-0,060	0,074	-0,011	-0,403	-0,347	-0,077	0,186	0,005	0,433	0,050	0,384	0,002	0,370	-0,430	-0,307	0,249	0,144	0,387	0,054	1			
Humidade	Impregnado	0,236	0,233	0,206	-0,022	-0,325	-0,277	-0,235	0,057	-0,097	0,231	-0,079	0,100	0,044	0,262	0,265	0,381	0,327	0,291	0,166	0,061	-0,002	0,081	1	
	Capply	0,114	0,108	0,214	-0,008	-0,361	-0,428	-0,186	0,008	-0,029	0,296	0,058	0,286	-0,071	0,006	0,160	0,361	0,257	0,338	0,325	0,254	0,049	0,259	0,374	1

B.2 Nylon 2

➤ Impregnado:

Tabela B.4- Correlações encontradas para os métodos destinados ao nylon 2 impregnado

	% Alongamento	Força de rotura	Força a 2% alongamento	Força a 4% alongamento	Força a 8% alongamento	Força a 12% alongamento	Peel Test	Shk Force	Shk Force Res	Shk	Shk Res	Humidade	Espessura	Twist S	Twist Z	Peso da corda
% Alongamento	1															
Força de rotura	0,404	1														
Força a 2% alongamento	-0,470	0,129	1													
Força a 4% alongamento	-0,674	0,027	0,915	1												
Força a 8% alongamento	-0,796	-0,118	0,668	0,907	1											
Força a 12% alongamento	-0,830	-0,088	0,608	0,862	0,984	1										
Peel Test	-0,091	0,311	0,170	0,215	0,231	0,249	1									
Shk Force	-0,596	-0,141	0,627	0,801	0,841	0,788	-0,051	1								
Shk Force Res	-0,468	-0,223	0,382	0,561	0,618	0,540	-0,166	0,754	1							
Shk	-0,283	-0,006	0,146	0,343	0,445	0,474	-0,027	0,496	0,342	1						
Shk Res	-0,302	-0,091	0,118	0,273	0,356	0,391	-0,020	0,388	0,310	0,937	1					
Humidade	0,227	0,211	-0,218	-0,270	-0,299	-0,253	-0,229	-0,257	0,008	0,223	0,343	1				
Espessura	-0,252	-0,319	-0,025	-0,013	0,018	0,030	-0,381	0,065	-0,001	-0,128	-0,108	-0,147	1			
Twist S	0,390	-0,163	0,009	-0,114	-0,246	-0,362	-0,335	-0,052	0,221	-0,213	-0,265	-0,032	0,018	1		
Twist Z	0,157	-0,069	0,282	0,153	-0,042	-0,151	-0,313	0,139	0,287	0,023	-0,008	0,091	0,137	0,659	1	
Peso da corda	-0,125	0,240	-0,009	0,022	-0,009	0,033	-0,145	-0,018	0,156	0,282	0,342	0,544	0,136	-0,238	-0,136	1

➤ Calandrado:

Tabela B.5- Correlações encontradas para os métodos destinados ao nylon 2 calandrado

	EPDM	Humidade	Green Adhesion	Tackiness	% Alongamento	Força de rotura	Força a 2% alongamento	Força a 4% alongamento	Força a 8% alongamento	Força a 12% alongamento	Peel Test	Shk Force	Shk Force Res	Shk	Shk Res	Stickness	Espessura	Adevidade	Square meter weight
EPDM	1																		
Humidade	0,055	1																	
Green Adhesion	0,267	0,267	1																
Tackiness	-0,034	0,169	0,050	1															
% Alongamento	-0,039	-0,009	-0,059	-0,092	1														
Força de rotura	-0,116	-0,190	0,005	0,064	0,408	1													
Força a 2% alongamento	0,217	0,177	0,036	0,097	-0,332	0,297	1												
Força a 4% alongamento	0,100	0,113	-0,007	0,144	-0,531	0,268	0,909	1											
Força a 8% alongamento	0,135	0,129	0,027	0,129	-0,631	0,223	0,825	0,973	1										
Força a 12% alongamento	0,137	0,085	0,040	0,115	-0,723	0,188	0,770	0,926	0,981	1									
Peel Test	-0,178	-0,030	-0,100	-0,178	-0,087	-0,049	0,106	0,121	0,104	0,105	1								
Shk Force	0,232	0,005	0,079	0,102	-0,408	0,068	0,490	0,612	0,660	0,642	-0,160	1							
Shk Force Res	0,268	0,043	0,021	0,123	-0,450	-0,024	0,460	0,610	0,668	0,644	-0,140	0,959	1						
Shk	0,208	-0,181	0,023	-0,064	-0,451	0,030	0,327	0,489	0,566	0,576	-0,258	0,862	0,850	1					
Shk Res	0,205	-0,174	0,041	-0,067	-0,446	0,039	0,326	0,488	0,565	0,577	-0,257	0,877	0,853	0,996	1				
Stickness	-0,211	-0,302	0,029	0,338	0,019	0,084	-0,029	0,017	-0,036	-0,055	-0,001	0,080	0,147	0,119	0,095	1			
Espessura	-0,081	0,563	0,395	-0,085	-0,285	-0,125	-0,243	-0,141	0,053	0,172	-0,159	0,111	0,126	0,198	0,226	-0,253	1		
Adevidade	-0,059	0,145	-0,131	0,070	0,119	-0,173	-0,254	-0,076	-0,048	-0,123	-0,022	0,038	0,092	-0,011	-0,016	0,251	0,109	1	
Square meter weight	0,071	0,276	0,419	-0,279	-0,029	-0,253	-0,170	-0,253	-0,207	-0,168	-0,142	-0,044	0,041	0,051	0,041	0,245	0,553	0,074	1

➤ Correlação dos métodos comuns ao impregnado e calandrado:

Tabela B.6- Correlações encontradas para os métodos comuns ao nylon 2 impregnado e calandrado

	% Alongamento		Força rotura	Força a 2% alongamento	Força a 4% alongamento	Força a 8% alongamento	Força a 12% alongamento	Peel Test	SHK Force	SHK Force Res	SHK	SHK Res	Humidade
	Impregnado	Calandrado	Impregnado	Calandrado	Impregnado	Calandrado	Impregnado	Calandrado	Impregnado	Calandrado	Impregnado	Calandrado	Calandrado
% Alongamento	1	1											
	Calandrado	0,307											
Força rotura	Impregnado	0,404	1										
	Calandrado	0,408	0,050	1									
Força a 2%	Impregnado	-0,470	-0,122	0,129	1								
	Calandrado	-0,221	-0,332	-0,220	0,297	0,330	1						
Força a 4%	Impregnado	-0,574	-0,153	0,027	-0,082	0,915	0,370	1					
	Calandrado	-0,160	-0,531	-0,064	0,288	0,273	0,509	0,238	1				
Força a 8%	Impregnado	-0,795	-0,145	-0,118	-0,011	0,688	0,376	0,907	0,292	1			
	Calandrado	-0,143	-0,631	-0,020	0,223	0,226	0,825	0,245	0,973	0,240	1		
Força a 12%	Impregnado	-0,830	-0,181	-0,088	-0,052	0,608	0,306	0,862	0,277	0,994	0,180	1	
	Calandrado	-0,186	-0,723	0,016	0,188	0,206	0,770	0,227	0,926	0,233	0,981	0,155	1
Peel Test	Impregnado	-0,091	-0,241	0,311	0,065	0,170	0,315	0,215	0,377	0,231	0,362	0,249	0,339
	Calandrado	-0,234	-0,087	-0,360	-0,099	-0,080	-0,106	-0,018	0,121	0,075	0,104	0,084	0,105
SHK Force	Impregnado	-0,595	-0,115	-0,141	-0,066	0,627	0,388	0,801	0,269	0,841	0,217	0,788	0,203
	Calandrado	0,099	-0,408	-0,060	0,088	0,120	0,490	0,042	0,612	-0,037	0,660	-0,124	0,642
SHK Force Res	Impregnado	-0,468	-0,090	-0,223	-0,089	0,382	0,323	0,561	0,270	0,628	0,224	0,540	0,176
	Calandrado	0,023	-0,450	-0,023	-0,024	0,191	0,460	0,150	0,610	0,073	0,668	-0,019	0,644
SHK	Impregnado	-0,083	-0,041	-0,006	-0,088	0,146	0,084	0,343	-0,027	0,445	-0,092	0,474	-0,093
	Calandrado	0,033	-0,451	0,022	0,030	0,191	0,327	0,116	0,489	0,008	0,566	-0,051	0,576
SHK Res	Impregnado	-0,302	-0,149	-0,091	-0,248	0,118	0,165	0,273	0,068	0,356	0,004	0,391	0,000
	Calandrado	0,057	-0,446	0,034	0,039	0,174	0,326	0,093	0,488	-0,027	0,555	-0,076	0,577
Humidade	Impregnado	0,227	0,073	0,211	-0,272	-0,218	-0,399	-0,270	-0,370	-0,299	-0,360	-0,253	-0,353
	Calandrado	-0,013	-0,009	-0,288	-0,190	-0,013	0,177	0,016	0,113	0,013	0,129	-0,047	0,085

Poliéster 1

➤ Impregnado:

Tabela B.7- Correlações encontradas para os métodos destinados ao poliéster 1 impregnado

	% Alongamento	Força de rotura	Alongamento a 45N	Alongamento a 90N	Alongamento a 135N	Peel Test	Shk Force	Shk Force Res	Shk	Shk Res	Humidade	Espessura	Twist S	Twist Z	Peso da corda
% Alongamento	1														
Força de rotura	0,695	1													
Alongamento a 45N	0,394	-0,014	1												
Alongamento a 90N	0,460	-0,024	0,970	1											
Alongamento a 135N	0,543	-0,029	0,876	0,946	1										
Peel Test	-0,042	-0,250	0,283	0,248	0,232	1									
Shk Force	-0,036	0,209	-0,619	-0,577	-0,515	-0,422	1								
Shk Force Res	-0,031	0,119	-0,640	-0,623	-0,510	-0,344	0,654	1							
Shk	-0,065	0,056	-0,340	-0,275	-0,202	-0,097	0,641	0,180	1						
Shk Res	-0,042	0,074	-0,379	-0,326	-0,216	-0,116	0,603	0,334	0,954	1					
Humidade	-0,187	-0,076	-0,166	-0,156	-0,117	0,049	-0,016	-0,073	0,096	0,044	1				
Espessura	0,122	0,041	-0,093	0,000	0,088	0,026	0,284	0,033	0,444	0,407	0,334	1			
Twist S	0,106	-0,106	0,292	0,280	0,370	0,165	-0,128	-0,197	0,311	0,372	0,072	0,165	1		
Twist Z	0,201	0,142	0,384	0,339	0,342	0,134	-0,250	-0,156	0,007	0,060	0,103	0,050	0,596	1	
Peso da corda	-0,217	-0,174	-0,120	-0,125	-0,137	-0,010	0,029	-0,100	0,253	0,227	0,328	0,259	0,344	0,203	1

➤ Calandrado:

Tabela B.8- Correlações encontradas para os métodos destinados ao poliéster 1 calandrado

	EPDM	Humidade	Green Adhesion	Tackiness	% Alongamento	Força de rotura	Alongamento a 45N	Alongamento a 90N	Alongamento a 135N	Peel Test	Shk Force	Shk Force Res	Shk	Shk Res	Adeviddade	Stickness	Espessura	Square meter weight
EPDM	1																	
Humidade	-0,196	1																
Green Adhesion	0,096	0,064	1															
Tackiness	0,044	-0,184	-0,186	1														
% Alongamento	-0,143	0,163	0,043	-0,028	1													
Força de rotura	-0,306	0,282	-0,079	0,189	0,394	1												
Alongamento a 45N	-0,161	0,189	-0,005	-0,052	0,375	-0,132	1											
Alongamento a 90N	-0,180	0,179	0,066	-0,117	0,492	-0,172	0,944	1										
Alongamento a 135N	-0,151	0,162	0,104	-0,129	0,645	-0,150	0,809	0,941	1									
Peel Test	-0,192	0,311	0,189	-0,140	-0,175	0,310	-0,182	-0,183	-0,174	1								
SRK Force	-0,108	0,016	0,075	0,057	0,149	0,407	-0,528	-0,432	-0,253	0,208	1							
SRK Force Res	-0,004	0,075	-0,227	0,127	-0,092	0,332	-0,489	-0,511	-0,408	0,224	0,620	1						
Shk	0,105	-0,159	-0,036	-0,023	-0,025	0,258	-0,772	-0,652	-0,463	0,160	0,671	0,667	1					
Shk Res	0,092	-0,146	-0,032	-0,025	0,008	0,287	-0,763	-0,646	-0,448	0,162	0,697	0,690	0,996	1				
Stickness	-0,282	-0,250	-0,383	0,346	0,053	0,111	0,063	0,024	-0,063	-0,103	0,005	0,133	-0,012	-0,039	1			
Espessura	0,018	0,116	0,197	0,131	0,167	0,189	0,022	0,071	0,177	0,274	-0,067	0,075	-0,026	-0,013	-0,140	1		
Adeviddade	-0,125	0,408	-0,159	-0,179	0,280	0,160	0,282	0,233	0,235	0,087	0,093	0,305	-0,033	-0,008	0,195	-0,019	1	
Square meter weight	0,046	0,039	-0,019	-0,050	0,330	0,066	0,071	0,105	0,230	0,179	0,292	0,389	0,199	0,216	0,229	0,130	0,688	1

➤ Correlação dos métodos comuns ao impregnado e calandrado:

Tabela B.9- Correlações encontradas para os métodos comuns ao poliéster 1 impregnado e calandrado

		% Alongamento		Força rotura		Alongamento a 45N		Alongamento a 45N		Alongamento a 45N		Peel Test		Shk Force		Shk Force Res		Shk		Shk Res		Humidade	
		Impregnado	Calandrado	Impregnado	Calandrado	Impregnado	Calandrado	Impregnado	Calandrado	Impregnado	Calandrado	Impregnado	Calandrado	Impregnado	Calandrado	Impregnado	Calandrado	Impregnado	Calandrado	Impregnado	Calandrado	Impregnado	Calandrado
% Alongamento	Impregnado	1																					
	Calandrado	0,111	1																				
Força rotura	Impregnado	0,595	0,317	1																			
	Calandrado	-0,187	0,394	-0,145	1																		
Alongamento a 45N	Impregnado	0,394	-0,282	-0,014	0,105	1																	
	Calandrado	-0,001	0,375	0,181	-0,132	-0,265	1																
Alongamento a 90N	Impregnado	0,460	-0,249	-0,024	0,112	0,970	-0,217	1															
	Calandrado	-0,035	0,492	0,174	-0,172	-0,290	0,944	-0,253	1														
Alongamento a 135N	Impregnado	0,543	-0,109	-0,029	0,191	0,876	-0,207	0,946	-0,250	1													
	Calandrado	0,054	0,645	0,245	-0,150	-0,286	0,809	-0,241	0,941	-0,197	1												
Peel Test	Impregnado	-0,042	-0,235	-0,250	-0,026	0,283	-0,053	0,248	-0,092	0,232	-0,136	1											
	Calandrado	-0,188	-0,175	-0,305	0,310	0,353	-0,182	0,355	-0,183	0,340	-0,174	0,530	1										
Shk Force	Impregnado	-0,036	0,133	0,209	-0,336	-0,619	0,166	-0,577	0,248	-0,515	0,330	-0,422	-0,388	1									
	Calandrado	0,178	0,149	-0,001	0,407	0,400	-0,528	0,431	-0,432	0,494	-0,253	-0,254	0,208	-0,234	1								
Shk Force Res	Impregnado	-0,031	0,323	0,119	-0,085	-0,640	0,282	-0,623	0,343	-0,510	0,377	-0,344	-0,383	0,654	-0,230	1							
	Calandrado	0,253	-0,092	0,168	0,332	0,461	-0,489	0,383	-0,511	0,404	-0,408	0,090	0,274	-0,369	0,620	-0,316	1						
Shk	Impregnado	-0,065	0,071	0,056	-0,117	-0,340	0,048	-0,275	0,101	-0,202	0,179	-0,097	-0,007	0,641	0,019	0,180	-0,195	1					
	Calandrado	0,046	-0,025	-0,092	0,258	0,298	-0,772	0,202	-0,652	0,252	-0,463	-0,051	0,160	-0,226	0,671	-0,199	0,667	-0,140	1				
Shk Res	Impregnado	-0,042	0,172	0,074	-0,002	-0,379	0,062	-0,326	0,109	-0,216	0,191	-0,116	-0,036	0,603	0,081	0,334	-0,105	0,954	-0,084	1			
	Calandrado	0,082	0,008	-0,056	0,287	0,298	-0,763	0,213	-0,646	0,273	-0,448	-0,068	0,162	-0,227	0,697	-0,200	0,690	-0,136	0,996	-0,075	1		
Humidade	Impregnado	-0,187	0,038	-0,076	0,073	-0,166	0,208	-0,156	0,194	-0,117	0,159	0,049	0,357	-0,016	-0,075	-0,073	-0,050	0,096	-0,039	0,044	-0,043	1	
	Calandrado	-0,162	0,163	-0,169	0,282	0,244	0,189	0,237	0,179	0,218	0,162	0,147	0,311	-0,365	0,016	-0,126	0,075	-0,142	-0,159	-0,071	-0,146	0,065	1

B.3 Rayon1

➤ Impregnado:

Tabela B.10- Correlações encontradas para os métodos destinados ao rayon 1 impregnado

	% Alongamento	Força de ruptura	Alongamento a 45N	Alongamento a 90N	Alongamento a 135N	Peel Test	Humidade	Espessura	Twist S	Twist Z	Peso da corda
% Alongamento	1										
Força de ruptura	0,314	1									
Alongamento a 45N	0,416	-0,372	1								
Alongamento a 90N	0,627	-0,332	0,908	1							
Alongamento a 135N	0,709	-0,310	0,833	0,972	1						
Peel Test	-0,122	0,078	0,078	-0,089	-0,172	1					
Humidade	0,069	0,188	-0,134	-0,041	-0,079	0,030	1				
Espessura	0,005	-0,344	0,364	0,243	0,274	-0,227	-0,071	1			
Twist S	0,049	0,130	-0,014	0,032	0,056	0,072	-0,051	-0,149	1		
Twist Z	0,445	-0,054	0,186	0,290	0,355	-0,308	-0,289	0,239	0,079	1	
Peso da corda	-0,015	-0,307	-0,122	-0,088	-0,050	-0,230	-0,071	0,030	-0,493	0,246	1

➤ Calandrado:

Tabela B.11- Correlações encontradas para os métodos destinados ao rayon 1 calandrado

	EPDM	Humidade	Green Adhesion	Tackiness	% Alongamento	Força de ruptura	Alongamento a 45N	Alongamento a 90N	Alongamento a 135N	Peel Test	Square meter weight	Espessura	Stickiness	Adesividade
EPDM	1													
Humidade	0,054	1												
Green Adhesion	-0,175	0,164	1											
Tackiness	0,051	-0,321	0,363	1										
% Alongamento	0,310	0,343	-0,041	0,139	1									
Força de ruptura	0,203	-0,181	0,166	0,439	0,512	1								
Alongamento a 45N	-0,054	0,253	-0,197	-0,080	0,658	0,145	1							
Alongamento a 90N	0,003	0,419	-0,311	-0,314	0,631	-0,225	0,786	1						
Alongamento a 135N	0,125	0,522	-0,269	-0,311	0,667	-0,275	0,623	0,942	1					
Peel Test	-0,088	0,265	-0,054	-0,083	0,071	-0,226	0,264	0,333	0,281	1				
Square meter weight	0,223	-0,177	-0,056	0,110	-0,096	-0,065	0,112	-0,020	-0,104	0,222	1			
Espessura	0,079	-0,343	0,038	0,133	-0,291	-0,181	-0,071	-0,166	-0,223	0,289	0,672	1		
Stickiness	-0,256	0,310	0,393	0,115	0,086	0,047	0,151	-0,025	-0,018	-0,174	-0,214	-0,186	1	
Adesividade	-0,250	0,103	0,351	-0,242	-0,154	0,030	0,035	-0,101	-0,191	0,385	0,072	0,120	0,018	1

➤ Correlação dos métodos comuns ao impregnado e calandrado:

Tabela B.12- Correlações encontradas para os métodos comuns ao rayon 1 impregnado e calandrado

		%Alongamento		Força rotura		Alongamento a 45N		Alongamento a 45N		Peel Test		Humidade	
		Impregnado	Calandrado	Impregnado	Calandrado	Impregnado	Calandrado	Impregnado	Calandrado	Impregnado	Calandrado	Impregnado	Calandrado
%	Impregnado	1											
	Calandrado	-0,005	1										
Alongamento	Impregnado	0,314	0,068	1									
	Calandrado	0,040	0,512	0,005	1								
Força rotura	Impregnado	0,416	-0,094	-0,372	-0,382	1							
	Calandrado	-0,062	0,658	0,159	0,145	-0,026	1						
Alongamento a 45N	Impregnado	0,627	-0,092	-0,332	-0,200	0,908	-0,103	1					
	Calandrado	-0,077	0,631	0,014	-0,225	0,186	0,786	0,065	1				
Alongamento a 90N	Impregnado	0,709	-0,099	-0,310	-0,128	0,833	-0,153	0,972	-0,007	1			
	Calandrado	-0,051	0,667	-0,024	-0,275	0,241	0,623	0,110	0,942	0,038	1		
Peel Test	Impregnado	-0,122	-0,153	0,078	-0,109	0,078	0,013	-0,089	-0,087	-0,172	-0,085	1	
	Calandrado	-0,165	0,071	0,016	-0,226	0,071	0,264	-0,027	0,333	-0,102	0,281	0,243	1
Humidade	Impregnado	0,069	0,183	0,188	-0,043	-0,134	-0,086	-0,041	0,162	-0,079	0,276	0,030	-0,226
	Calandrado	0,090	0,343	-0,142	-0,181	0,323	0,253	0,209	0,419	0,145	0,522	0,303	0,265
												0,464	1

B.4 Híbrido

➤ Impregnado:

Tabela B.13- Correlações encontradas para os métodos destinados ao híbrido impregnado

	% Alongamento	Força de rotura	Força a 2% alongamento	Força a 4% alongamento	Força a 8% alongamento	Força a 12% alongamento	Peel Test	Shk Force	Shk Force Res	Shk	Shk Res	Humidade	Espessura	Twist 5	Twist Z	Peso da corda
% Alongamento	1															
Força de rotura	0,572	1														
Força a 1% alongamento	-0,222	0,144	1													
Força a 3% alongamento	-0,314	0,162	0,867	1												
Força a 4% alongamento	-0,403	0,132	0,796	0,964	1											
Força a 7% alongamento	-0,581	0,076	0,659	0,756	0,880	1										
Peel Test	-0,232	-0,104	0,258	0,200	0,305	0,470	1									
Shk Force	-0,241	0,159	0,445	0,629	0,648	0,550	0,282	1								
Shk Force Res	-0,355	-0,027	0,240	0,498	0,498	0,386	0,169	0,845	1							
Shk	-0,010	0,189	0,475	0,275	0,282	0,376	0,313	0,445	0,123	1						
Shk Res	-0,037	0,193	0,489	0,296	0,310	0,413	0,326	0,460	0,138	0,998	1					
Humidade	0,183	0,111	-0,279	-0,221	-0,233	-0,294	0,023	-0,237	-0,086	-0,397	-0,398	1				
Espessura	0,081	-0,085	-0,315	-0,243	-0,316	-0,438	-0,280	-0,318	-0,056	-0,364	-0,388	0,156	1			
Twist 5	0,367	0,050	-0,379	-0,315	-0,435	-0,639	-0,453	-0,192	-0,051	-0,260	-0,296	-0,057	0,680	1		
Twist Z	0,461	0,164	-0,026	-0,155	-0,294	-0,395	-0,064	-0,068	-0,016	0,275	0,261	0,216	0,090	0,112	1	
Peso da corda	0,191	0,382	0,071	0,004	-0,074	-0,140	0,002	-0,151	-0,135	0,049	0,042	0,301	0,181	0,205	0,100	1

➤ Caply:

Tabela B.14- Correlações encontradas para os métodos destinados ao híbrido em caply

	Humidade	Green Adhesion	Tackiness	% Alongamento	Força de rotura	Força a 2% alongamento	Força a 4% alongamento	Força a 8% alongamento	Força a 12% alongamento	Peel Test	Shk Force	Shk Force Res	Shk	Shk Res	Stickness	Thickness	Adesividade
Humidade	1																
Green Adhesion	0,038	1															
Tackiness	0,166	0,207	1														
% de Alongamento	-0,487	0,164	-0,073	1													
Força de rotura	-0,379	0,034	-0,140	0,531	1												
Força a 2% alongamento	0,196	-0,264	-0,051	-0,377	0,147	1											
Força a 4% alongamento	0,245	-0,221	-0,160	-0,593	0,132	0,833	1										
Força a 8% alongamento	0,262	-0,192	-0,164	-0,625	0,116	0,779	0,991	1									
Força a 12% alongamento	0,263	-0,241	-0,136	-0,726	0,062	0,685	0,929	0,960	1								
Peel Test	0,297	-0,161	0,178	-0,315	0,041	0,503	0,531	0,544	0,560	1							
Shk Force	-0,104	-0,240	-0,098	-0,107	0,482	0,525	0,585	0,598	0,612	0,603	1						
Shk Force Res	-0,237	-0,467	0,023	0,008	0,259	0,058	0,160	0,166	0,214	0,122	0,561	1					
Shk	-0,004	-0,528	0,009	-0,309	0,246	0,483	0,475	0,469	0,551	0,434	0,497	0,315	1				
Shk Res	-0,011	-0,598	0,063	-0,241	0,098	0,472	0,427	0,411	0,463	0,375	0,546	0,428	0,731	1			
Stickness	0,202	0,340	0,105	0,109	0,084	0,205	0,164	0,135	-0,022	0,041	-0,019	-0,250	-0,287	-0,236	1		
Espessura	0,003	0,198	-0,036	0,186	0,292	-0,046	0,067	0,067	0,018	-0,042	0,086	0,146	0,012	-0,205	-0,080	1	
Adesividade	-0,151	0,255	0,669	0,106	0,193	0,099	0,026	-0,004	-0,085	0,126	0,034	-0,032	-0,124	-0,136	0,348	0,165	1

➤ Correlação dos métodos comuns ao impregnado e calandrado:

Tabela B.15- Correlações encontradas para os métodos comuns ao híbrido impregnado e em capply

	% Alongamento		Força rotura		Força a 2% alongamento		Força a 4% alongamento		Força a 8% alongamento		Força a 12% alongamento		Peel Test		SK Force		SK Force Res		SK		SK Res		Humidade	
	Impregnado	Capply	Impregnado	Capply	Impregnado	Capply	Impregnado	Capply	Impregnado	Capply	Impregnado	Capply	Impregnado	Capply	Impregnado	Capply	Impregnado	Capply	Impregnado	Capply	Impregnado	Capply	Impregnado	Capply
%	1																							
Alongamento	0.240	1																						
Força rotura	0.572	0.124	1																					
Força a 2%	-0.161	0.531	0.142	1																				
Alongamento	-0.222	-0.065	0.144	0.096	1																			
Força a 4%	-0.511	-0.377	-0.226	0.147	0.419	1																		
Alongamento	-0.314	0.117	0.362	0.259	0.867	0.237	1																	
Força a 8%	-0.439	-0.393	-0.200	0.132	0.420	0.883	0.312	1																
Alongamento	-0.403	0.047	0.132	0.250	0.296	0.320	0.964	0.372	1															
Força a 12%	-0.409	-0.625	-0.003	0.116	0.392	0.779	0.290	0.991	0.531	1														
Alongamento	-0.501	-0.144	0.076	0.276	0.659	0.545	0.756	0.546	0.880	0.527	1													
Peel Test	-0.359	-0.726	0.043	0.062	0.343	0.685	0.221	0.929	0.303	0.360	0.573	1												
SK Force	-0.232	-0.159	-0.104	0.246	0.258	0.372	0.200	0.361	0.305	0.360	0.470	0.413	1											
Alongamento	-0.245	-0.315	-0.190	0.041	0.400	0.503	0.299	0.531	0.373	0.544	0.489	0.560	0.509	1										
SK Force Res	-0.198	-0.107	0.192	0.482	0.442	0.525	0.405	0.585	0.477	0.598	0.625	0.612	0.543	0.603	1									
SK	-0.335	0.081	-0.027	0.174	0.240	0.056	0.498	0.117	0.498	0.099	0.386	0.048	0.169	-0.106	0.845	0.060	1							
SK Res	0.067	0.008	0.377	0.259	0.009	0.058	0.070	0.160	0.146	0.166	0.258	0.214	0.209	0.122	0.158	0.566	0.099	1						
Humidade	-0.191	0.134	0.382	0.082	0.071	-0.251	0.004	-0.060	-0.074	-0.054	-0.140	-0.086	0.002	-0.257	-0.151	-0.105	-0.195	-0.153	0.049	-0.010	0.042	0.163	1	
	-0.130	-0.487	-0.365	-0.279	0.058	0.196	0.053	0.245	0.102	0.162	0.093	0.163	-0.016	0.297	0.048	-0.104	0.051	-0.237	0.141	-0.004	0.144	-0.011	-0.206	1